Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Untersuchungen über die Entstehung des Kirschgummi

von

Dr. Karl Mikosch,

Professor an der k. k. technischen Hochschule in Brünn.

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Juni 1906.)

Wiesner bezeichnet als Kirschgummi die gummiartigen Ausscheidungen der verschiedenen Steinobstbäume (Kirsche, Pflaume, Aprikose, Pfirsich, Mandelbaum).[1]

Es ist diese den erwähnten Gummiarten gemeinsame Bezeichnungsweise gerechtfertigt, denn die Gummi der verschiedenen Steinobstbäume sind in ihren wesentlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften nahezu übereinstimmend; sie entstehen auch in der Pflanze durch dieselben Prozesse und es werden überall letztere durch dieselben Ursachen bedingt.

Was die Entstehung des Kirschgummi betrifft, so wird heute, entsprechend den Untersuchungen von A. Wigand[2], allgemein angenommen, daß das Gummi im Holzgewebe, vorzugsweise aber in der Rinde der genannten Bäume, und zwar hier wie dort durch chemische Umwandlung der Zellmembran, respektive Stärkekörner gebildet wird.[3] Die in den bezeichneten Geweben entstandenen Gummimassen quellen bei gesteigerter Wasserzufuhr stark auf, pressen sich durch die Rinde hindurch,

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, II. Aufl., p. 107.

[2] A. Wigand, Über die Desorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheim's Jahrb. III, p. 115 bis 182.

[3] Wiesner, l. c., p. 108. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, p. 210.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gelangen bis an das Periderm, durchbrechen dasselbe und ergießen sich an der Außenfläche der Baumrinde, woselbst sie erstarren und die bekannten, der Rinde fest aufsitzenden, halbkugeligen, nierenförmigen Stücke des »Kirschgummi« bilden. Der von Trecul ausgesprochenen Meinung, daß das gesamte Gummi nur dem Holzgewebe entstammt, wurde nicht beigepflichtet.[1] Das Material, woraus das Gummi gebildet wird, geben der heutigen Annahme zufolge neben den in den in Gummosi begriffenen Geweben enthaltenen spärlichen Stärkekörnern die Membranen der betreffenden Gewebe her, und zwar sollen die primären Membranen zuerst und dann erst die sekundären Membranen (Verdickungsschichten) gelöst, d. h. in Gummi umgewandelt werden. Die Gummifikation würde also nach dieser Annahme in der Zelle von außen nach innen, zentripetal, fortschreiten. Diese Ansicht über die Entstehung des Gummi versuchte A. Wigand in der eben erwähnten Abhandlung eingehend zu begründen. Wigand's Ansicht blieb nicht ohne Widerspruch. Es war insbesondere A. B. Frank, der Wigand's Erklärungsversuchen entgegentrat.[2] Mit Recht wies Frank auf den Umstand hin, daß nach Wigand's Ansicht, der zufolge bei der Gummosis der Pflanze nur feste Zellwände, Stärke, niemals aber Säfte entzogen werden, die große Menge des ausgetretenen Gummi nicht erklärt werden kann, sondern daß alle Tatsachen mit der an Gewißheit grenzenden Wahrscheinlichkeit für eine gleichzeitige Assimilation neuen Gummis aus dem Nahrungssafte sprechen, daß neben der Umwandlung der Membran in Gummi auch noch eine Assimilation neuen Gummi stattfindet.[3] In ähnlichem Sinne äußert sich auch Prillieux, welcher Forscher von dem die Gefäße erfüllenden Gummi behauptet, es verdanke seine Entstehung den Inhaltsstoffen der benachbarten Zellen und auch von dem Rindengummi angibt, daß die Hauptmasse desselben aus Stärke, die sich in besonderen, aus dem Kambium

[1] Trecul, Maladie de la gomme chez les cerisiers, les pruniers, les abricotiers, les amandiers. Compt. rend. 1860, p. 621 bis 624.

[2] Frank, Über die anatomische Bedeutung der vegetabilischen Schleime. Pringsheim's Jahrb. V, p. 1 bis 40.

[3] Frank, l. c., p. 32, 33.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

entstandenen parenchymatischen Zellen anhäuft, gebildet wird.[1] Der entschiedenste Vertreter der Ansicht, daß das Kirschgummi zuerst als Zellinhalt auftritt, ist W. Hofmeister. In der »Lehre von der Pflanzenzelle« beschreibt Hofmeister den Vorgang der Kirschgummibildung als einen Prozeß, der von noch dünnwandigen Zellen jungen Holzparenchyms ausgeht, in denen Gummi als Zellinhalt vorkommt; dann erst erfolgt eine Verflüssigung der Membranen dieser Zellen.[2] Trotz dieser Einwände schloß sich die Mehrzahl der Anatomen der Wigandschen Ansicht an. Bestimmend für die allgemeine Annahme der Wigand'schen Ansicht über die Entstehung des Gummi mag wohl der Umstand gewesen sein, daß H. v. Mohl schon vor mehreren Jahren die Entstehung des Tragants durch Metamorphose der Membran der Mark- und Markstrahlzellen nachwies,[3] daß weiter Wiesner für die Entstehung des Gummi von *Moringa pterygosperma* denselben Nachweis führte,[4] daß sich letztgenannter Forscher in der von ihm monographisch durchgeführten Bearbeitung der Gummiarten für eine Entstehung des Gummi aus der Membran aussprach[5], und daß J. Möller in einer ausführlichen Untersuchung über das arabische Gummi die Entstehung desselben durch chemische Metamorphose ganzer Gewebe, wobei die Zellulose der Zellhäute das Hauptmaterial zur Bildung der Gummisubstanz liefert, annahm.[6]

Wenn nun auch für gewisse, hier nicht näher in Betracht kommende Gummiarten eine Entstehung aus der Membran nachgewiesen wurde, so ist damit, wie Wiesner mit

---

[1] Prillieux, Etudes sur la formation de la gomme dans les arbres fruitiers. Annales des sciences nat. VI, Serie T, I. und Compt. rend. 1874.

[2] W. Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle, p. 234.

[3] H. v. Mohl, Über die Entstehungsweise der Tragant. Bot. Ztg., 1857, p. 36 ff.

[4] Wiesner und Beckerhinn, Über das Gummi von *Moringa pterygo*. Dingler's polytechn. Journal, Bd. CXCIII, p. 166.

[5] Wiesner, Die technisch verwendeten Gummiarten, Harze, Balsame, Erlangen, 1869, p. 34.

[6] Möller, Über die Entstehung des Akaziengummi, Sitzungsber. d. Wr. Akad., CXXII, 1875.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Recht hervorhebt,[1] noch keineswegs erwiesen, daß alle Gummiarten auf diesem Wege entstehen. Mit Bezug auf das arabische Gummi liegen zwei Untersuchungen vor, welche sich mit Wigand's Ansicht nicht vereinbaren lassen. Nach G. Kraus geht die Entstehung des Gummi in der Rinde von *Acacia melanoxylon* hauptsächlich im Innern der Siebröhren vor sich[2], und nach v. Höhnel, der das Verhältnis des Volumens des ausgetretenen Gummiballens zu jenem des Raumes, aus welchem dieser hervorgequollen ist, durch Messung festgestellt hat, muß gleichfalls für das in der Rinde von *Acacia Verek* entstehende Senegalgummi angenommen werden, daß die aufgelösten Zellmembranen nur zum geringsten Teile, hingegen zugewanderte Zellinhaltsstoffe das Hauptmaterial geliefert haben.[3]

Ich habe mich seit längerem mit der Untersuchung der Entstehung des Kirschgummi beschäftigt und teile im nachstehenden meine Beobachtungen mit. Hiebei versuchte ich folgende zwei Fragen der Lösung näher zu bringen: »Wie sind die großen Mengen des austretenden Kirschgummi zu erklären?« und »in welcher Weise gehen die Veränderungen in der Membran, soweit diese bei der Gummibildung in Betracht kommt, vor sich?« Letztere Frage stellte ich mir mit Rücksicht auf einige widersprechende Angaben in Tschirch's angewandter Pflanzenanatomie. Dort heißt es p. 196: »Die ganze Membran verschleimt bei den lysigenen Gummigängen der Akazien, Amygdalaceen. Die Vergummung scheint hier von den *mittleren Membranpartien* auszugehen.« Und p. 210 (bei Besprechung der Bildung des Kirschgummi) finde ich folgende Angabe: »Die Gummibildung geht in jeder Zelle in zentripetaler Richtung vor sich; zuerst wird die *primäre* Membran und zuletzt werden die inneren Schichten von außen nach innen aufgelöst.«

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, p. 71.

[2] G. Kraus, Über Entstehungsweise des Gummiarabicum, Stzgsber. d. naturf. Ges. in Halle, 1884, p. 20.

[3] F. v. Höhnel: Über das Material, welches zur Bildung des arabischen Gummi dient. Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch., 1888, p. 158.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Präparationsmethoden. Nachweis von Gummi in Geweben.

Ich habe meine Präparate durchwegs aus lebendem Material hergestellt. Dabei kann allerdings der nicht unberechtigte Einwand gemacht werden, daß die immer halbweichen, gequollenen Gummimassen beim Schneiden aus ihrer natürlichen Lage gebracht, über die Schnittfläche verschmiert werden und man dadurch, abgesehen von der Verundeutlichung des mikroskopischen Bildes, zu ganz irrtümlichen Vorstellungen gelangen kann. Als Fixierungsmittel käme nur absoluter Alkohol in Betracht, da dieser das einzige Mittel ist, welches Gummi fällt und härtet. Doch steht der Verwendung von Alkohol zu diesem Zwecke ein Hindernis im Wege: Die gummiführenden Gewebe werden in Alkohol derart spröde, daß ein Schneiden derselben unmöglich ist. Ich habe mich wohl lange Zeit bemüht, aus in Alkohol gehärtetem Material brauchbare Schnitte herzustellen, es waren aber alle Bemühungen vergeblich. Ich versuchte auch Alkohol verschiedener Konzentration anzuwenden und fand, daß allzu verdünnter Alkohol unter 50 Prozent Gummi überhaupt nicht mehr fällt und bei Anwendung konzentrierten Alkohols, in welchem Fällung stattfindet, sich die oben erwähnte Brüchigkeit geltend macht. Übrigens bewirkt Alkohol in allen gummibildenden Elementen, die stets dünnwandig sind, Rißbildungen und Schrumpfungen, die auch bei nachherigem Wasserzutritt nicht mehr rückgängig gemacht werden können Es blieb daher nichts anderes übrig, als frisches Material zu verwenden und den oben bezeichneten Übelstand zu berücksichtigen. Wird ein gummiführendes Gewebe angeschnitten und dabei ein Gummiraum getroffen, so tritt die in letzterem angesammelte Gummimenge sofort heraus, sich auf der Schnittfläche mehr oder weniger ausbreitend. Entfernt man vorsichtig das ausgetretene Gummi und fertigt jetzt eine Reihe weiterer Schnitte an, so wird sich darunter immer der eine oder der andere finden, der die natürlichen Verhältnisse wiedergibt und zur mikroskopischen Beobachtung tauglich ist.

Als Einlegeflüssigkeit verwandte ich meist Wasser, dessen Benützung tunlich ist, da das im Gewebe noch enthaltene

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Gummi, stets von vornherein wasserhaltig, sich im gequollenen Zustande befindet, daher beim Einlegen des Schnittes in Wasser keine Veränderung vor sich geht, insofern man sofort die Beobachtung ausführt. Beim längeren Liegen im Wasser treten allerdings mit der Zunahme der Quellung des Gummi Veränderungen ein. Ich habe daher, wenn ich durch längere Zeit einen gewählten Schnitt der Beobachtung unterzog, auch mit Wasser verdünnten Alkohol (2:1) angewendet und mich überzeugt, daß bei dieser Verdünnung erst nach längerer Zeit Kontraktionen und im ganz geringen Grade Fällungen eintreten.

Dauerpräparate herzustellen, in denen die ursprünglichen Verhältnisse erhalten blieben, war schwer möglich. Für kurze Zeit, einen Tag, erhalten sich die Präparate in verdünntem Glyzerin (1:1) unverändert. Wenn es sich darum handelte, mit Alkohol vorher behandelte Schnitte als Dauerpräparate zu erhalten, konnte ich mit einigermaßen günstigem Erfolge Rizinusöl und Alkohol zu gleichen Teilen anwenden, welches Gemenge auch von Walliczek als Beobachtungs-Konservierungsflüssigkeit für das Studium der Membranschleime empfohlen wird.[1]

Was nun den mikroskopischen Nachweis von Gummi betrifft, so fehlt uns leider ein verläßliches, nur Gummi anzeigendes Reagens.[2] Kirschgummi ist ein Gemenge von in Wasser löslicher Substanz (Arabin) und einer in Wasser unlöslichen, aber darin quellenden Gummiart, die sich in Kalkwasser löst (Cerasin). Diese beiden Körper erscheinen im Naturprodukt als inniges Gemenge, aus welchem sich durch fortgesetzte Behandlung mit Wasser die löslichen Anteile zum Teile, niemals aber vollständig entfernen lassen. Das wasserlösliche Arabin wird durch Alkohol körnig gefällt und bewirkt dann die Trübung, das milchweiße Aussehen des erstarrenden Gummi. Der im Wasser unlösliche Anteil zeigt, wenn er ganz frei von löslicher Substanz ist, was aber bei dem aus den

---

[1] Walliczek, Studien über Membranschleime veget. Organe, Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Botanik, 1893, p. 225.

[2] Zimmermann, Botanische Mikrotechnik, p. 153.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Stämmen und Zweigen ausgetretenen Gummi niemals der Fall ist, mit Alkohol keine körnige Fällung; er bleibt darin homogen und wird kontrahiert, welche Kontraktion bei Zutritt von Wasser wieder aufgehoben wird. Das Arabin wird deutlicher gefällt, wenn man angesäuerten Alkohol verwendet. Findet im Inhalte der Zellen eines gummierzeugenden Organs körnige Fällung mit Alkohol statt, die bei Wasserzusatz verschwindet, und tritt in demselben Organ in- oder außerhalb der Zellen eine Substanz auf, die das Aussehen von Gummi besitzt und mit Alkohol keine Trübung zeigt, sondern homogen bleibt, aber in Alkohol sich kontrahiert und in Kalkwasser löslich ist, so ist es erlaubt anzunehmen, daß man im ersteren Falle lösliches Gummi, im letzteren hingegen unlösliches, im Wasser quellendes Gummi vor sich hat. Diese Annahme ist aber nur dann gestattet, was ich besonders hervorhebe, wenn das betreffende Gewebe einem Organ angehört, welches zweifellos Gummi gebildet hat, was aus dem Austritt des Gummi zu ersehen ist.

Membranen, deren Verdickungsschichten ganz oder teilweise in Gummi umgewandelt sind, färben sich mit Chlorzinkjod gelb; waren sie verholzt, so treten auch die charakteristischen Ligninreaktionen ein. Übrigens sind in Gummi umgewandelte Membranen infolge des gequollenen Zustandes, in dem sie sich befinden, als solche von den normalen Membranen durch ihre Lichtbrechung unterscheidbar.

Tinktionsmittel versagten in den meisten Fällen; ich konnte mir bei deren Anwendung kein sicheres Urteil über Auftreten von Gummi bilden. Entweder färbten sich mit der als Gummi zu bestimmenden Substanz auch noch andere veränderte Membranen, oder es tritt mit deren Färbung auch noch eine solche des übrigen Zellinhaltes ein. Selbst das mehrfach empfohlene, von Mangin eingeführte Rutheniumrot ist nicht verläßlich.[1] Etwas sicherere Färbungsresultate erhielt ich mit der von Lutz für die Färbung von Akaziengummi gebrauchten Lösung von Neutralrot allein oder durch Nachfärben mit Säure-

[1] Mangin, Sur l'emploi du rouge de ruthenium en anatomie vegetale Compt. rend. 1893.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

grün, wobei letzteres die protoplasmatischen Substanzen blaugrün, während die Membran (ob verändert oder unverändert) rotorange, reines Gummi schön rosenrot färbt. Lutz hingegen gibt an, daß bei dieser Doppelfärbung die Zellulosemembran grün, Gummi hingegen rot tingiert wird.[1]

Ich habe auch versucht, zur Entscheidung der Frage, ob eine Membran in Gummi umgewandelt sei oder nicht, deren Verhalten im polarisierten Lichte heranzuziehen. Wiesner hat zuerst die Doppelbrechung des Kirschgummi sowie anderer Gummiarten nachgewiesen[2] und gezeigt, daß diese Erscheinung der an und für sich einfach brechenden Substanz durch Dichtigkeitsunterschiede hervorgerufen, durch ungleiche Zusammenziehung der Gummimasse verursacht wird. Dieser Erklärung hat sich auch v. Ebner angeschlossen, während Schwendener und Ambronn die Anisotropie der Gummiarten auf Zusammensetzung derselben aus anisotropen Micellen zurückführen.[3] Die Angaben über Doppelbrechung des Gummi beziehen sich auf jenes Gummi, das aus der Pflanze ausgetreten und an der Oberfläche der betreffenden Pflanzenteile erhärtet ist. Wenn jedoch die in den Gummiräumen der Pflanze noch eingeschlossenen Gummimassen im Polarisationsmikroskop bei gekreuzten Nicols untersucht werden, so nimmt man kein Aufleuchten des dunkeln Gesichtsfeldes wahr; die Substanz verhält sich isotrop. Wohl konnte ich ein Aufleuchten beobachten, wenn die Schnitte längere Zeit in konzentriertem Alkohol gelegen und die Gummimassen erstarrt waren. Es verhält sich also das noch im Gewebe befindliche, wasserreiche, stark gequollene Gummi optisch anders als das an der Luft oder, was denselben Effekt hervorruft, in Alkohol erhärtete. Nach Hofmeister geht in der Wandsubstanz der Markzellen von *Astragalus creticus*, die sich in Tragant umgewandelt hat, jede Spur von Doppelbrechung verloren, während die äußerste, je zwei Nachbarzellen gemeinsame Lamelle der Membran noch doppelbrechend ist, und nach demselben Forscher zeigen die

[1] Lutz, Sur la marche de la gommose dans les Acacias. Bull. de la société bot. de France, 1895, Zeitschr. für wissensch. Mikrosk., XII, p. 533.

[2] Wiesner, Gummi und Harze, p. 7.

[3] Wiesner, Rohstoffe, II. Aufl., p. 55.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

aus dem Zusammenhang gelösten Zellen des Holzparenchyms oder der Markstrahlen von *Prunus avium*, die man in den Gummilücken häufig findet, teils auf einzelnen Stellen der Wand, teils in der ganzen Ausdehnung derselben den Verlust der Fähigkeit der Doppelbrechung des Lichtes.[1] Ich habe mich von der Richtigkeit dieser Angaben Hofmeister's überzeugt und glaube daher unter Berücksichtigung der früher angeführten Reaktionen annehmen zu dürfen, daß, wenn in einem gummibildenden Gewebe die Membranen, die im normalen Zustande der Gewebe doppelbrechend erscheinen, ihre Doppelbrechung verloren haben, die Veränderung des optischen Charakters durch das Auftreten von Gummi in der betreffenden Membranschichte verursacht wurde.

Beobachtungen an abgeschnittenen Zweigen.

Es wurden Mitte Oktober abgeschnittene Zweige verschiedenen Alters eines ganz gesunden Pflaumenbaumes beiläufig 10 *cm* unter der Spitze dekapitiert, mit der unteren Schnittfläche in Wasser gestellt und unter einer Glasglocke bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Nach 8 Tagen, in einzelnen Fällen noch früher, traten aus der freien Schnittfläche an der Grenze zwischen Holz und Rinde ganz klare, farblose Gummitropfen aus, die sich bei weiterem Austritt vergrößerten. Der Versuch wurde im Laufe des Winters öfters wiederholt, stets mit demselben Erfolge, was den Austritt von Gummi überhaupt betrifft, doch mit Differenzen in der ausgetretenen Gummimenge und in der Zeit, innerhalb welcher der Gummiaustritt erfolgte. Während im Oktober, November die Gummiausscheidung an der Schnittfläche sich stets in kurzer Zeit einstellte, dauerte es bei Zweigen, die Ende Dezember geschnitten wurden, erheblich länger; auch war dann die Menge des ausgetretenen Gummis bedeutend geringer, und bei im Frühjahr, anfangs Mai, nach vollständiger Belaubung in der angegebenen Weise behandelten Zweigen konnte gar kein Gummiaustritt konstatiert werden; erst an im Sommer, anfangs Juni, abgeschnittenen Zweigen ließ sich die Erscheinung mit

[1] Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle, p. 345.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

demselben Verlaufe wie in den Herbstmonaten beobachten. Da ich nur die anatomischen Veränderungen, die im Gewebe zur Gummibildung führen, studieren wollte, hatte ich dieser Unregelmäßigkeit in der Zeit und der Menge des Gummiaustrittes keine weitere Beachtung geschenkt und weise hier nur auf die Untersuchungen A. Fischer's hin, denen zufolge sich bei den Laubhölzern während des Jahres bezüglich der Stärkewandlungen mehrere Phasen unterscheiden lassen und erwähne, daß, soweit aus meinen Beobachtungen sich ein Schluß ziehen läßt, die größere, beziehungsweise geringere Menge des ausgetretenen Gummi mit Fischer's Stärkemaximum, respektive Stärkeminimum nahezu zusammenfällt.[1]

Auch an den Zweigen anderer Amygdaleen (Kirsche, Aprikose, Pfirsich, Mandel) zeigten sich dieselben Erscheinungen, wenn erstere, wie oben beschrieben, behandelt wurden. Entfernte ich die ausgeschiedenen Gummitropfen, so erneuerten sich diese in 24 Stunden. Nach drei Wochen fand kein neuer Gummiaustritt mehr statt, der Prozeß stand still. In einigen wenigen Fällen konnte ich die Ausscheidung wieder hervorrufen dadurch, daß etwa 5 *mm* unterhalb der alten Schnittfläche das Zweigstück abgeschnitten wurde; die Mengen des ausgetretenen Gummi waren aber da immer sehr gering. Eine Entwicklung der Winterknospen trat in solchen Zweigen nicht ein, wenn dieselben sich auch frisch und lebend erhielten. Meistens traten die Gummitropfen nicht in der ganzen Peripherie der erwähnten Grenzzone auf, sondern nur in einem bestimmten Kreisausschnitt. Dieses Gummi gibt an Wasser nur wenig lösliche, in Alkohol fällbare Substanz ab; die Hauptmasse desselben quillt in Wasser zu einer wenig dichten Gallerte. Legt man einen unveränderten Gummitropfen in Alkohol, so erhält er ein milchiges Aussehen und trübt sich bei gleichzeitig starker Kontraktion der ganzen Substanz. Behandelt man jedoch eine solche Gummimasse längere Zeit mit Wasser, so ist bei nachherigem Zusatz von Alkohol die Trübung viel schwächer, ja, einige Male ist sie ganz ausgeblieben, die

[1] A. Fischer, Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Botanik, 1891, p. 111.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Substanz blieb ganz homogen; die Kontraktion stellte sich aber in derselben Weise ein, wie im früheren Falle. Wenn nun auch bei allen genannten Amygdaleen durch Anschneiden eine Gummiausscheidung hervorgerufen werden konnte, so muß ich bemerken, daß dem ausgeschiedenen Gummi verschiedener Arten verschiedene Eigenschaften zukommen. Denn, während bei der Pflaume und bei der Kirsche die Gummitropfen ziemlich konsistent sind und ihre Gestalt auch behielten, trotzdem sie im feuchten Raume sich befanden, sind bei Aprikose, Mandel und Pfirsich die austretenden Gummimassen dünnflüssiger, sie verschmelzen untereinander, zerfließen endlich auf der Schnittfläche. Diese dünnflüssigen Gummimassen zersetzen sich sehr bald, das Substrat für eine reiche Pilzvegetation bildend. Die Gewebe des Zweiges werden durch Fäulnis zerstört und in kurzer Zeit ist der ganze Trieb abgestorben. Anders bei Kirsche und Pflaume. Hier blieben die ausgeschiedenen Gummitropfen unverändert, die Triebe behielten ihre Lebensfähigkeit lange Zeit hindurch. Bei Kirschen-, seltener bei Pflaumenzweigen konnte ich noch folgende Beobachtung machen: Es trat einige Male in den ersten Tagen nach der Dekapitierung keine Gummiausscheidung ein, dafür bildete sich von der Holzgrenze aus ein Callusring, dessen oberflächliches Gewebe braun und hart wurde, während seine inneren Partien durch lange Zeit ihr normales Aussehen behielten. Solche Zweige erhielten sich monatelang frisch. Das an der Schnittfläche zwischen Holz und Rinde ausgetretene Gummi ist stets klar und wasserhell. An älteren Zweigen konnte jedoch auch ein Gummiaustritt aus dem Rindengewebe beobachtet werden, namentlich dann, wenn die Zweige längere Zeit schon vom Baume entfernt und nahe an das Ende ihrer Lebenstätigkeit gelangt waren. Dieses aus Rindenpartien entquellende Gummi ist niemals farblos, sondern immer gelblich bis braun gefärbt.

Mitte Jänner wurde ein siebenjähriger Ast von einem gummikranken Baume, an dessen Rande sich die bekannten, knollenförmigen Gummimassen abgelagert vorfanden, genommen, in das Wasser gestellt und mehrere Tage im Zimmer stehen gelassen. Es trat nach zirka 10 Tagen an der alten Austrittstelle erneuerter Gummifluß ein. Nun wurde der Ast 6 *cm*

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

oberhalb der Austrittstelle durchgesägt, die freie Schnittfläche mit einem scharfen Skalpell geebnet und wie früher wieder in Wasser stehen gelassen. An der Grenze zwischen Holz und Rinde zeigten sich bereits nach fünf Tagen farblose Gummitropfen, die in kurzer Zeit an Größe bedeutend zunahmen; an der alten Austrittstelle hingegen ging die Ausscheidung von Gummi nun in viel geringerem Maße als früher vor sich und wurde nach beiläufig 8 Tagen vollständig sistiert, während an der frischen Schnittfläche von der an der Holzgrenze liegenden kambialen Region noch weiteres farbloses Gummi ausgeschieden wurde (Fig. 1).

Mikroskopische Beobachtungen.

Bei mikroskopischer Untersuchung der an der freien Schnittfläche Gummi absondernden Zweige finden sich in der kambialen Jungholzregion am Querschnitt kreisrunde oder etwas radial oblonge, am Längsschnitt länglich elliptische Zellgruppen, bestehend aus dünnwandigen, parenchymatischen Elementen, die im Gegensatz zu den normalen Jungholzzellen vollständig mit einem stark ausgebildeten Protoplasmakörper erfüllt sind. Jede dieser Parenchymzellen enthält einen deutlichen Zellkern und reichlich Stärkekörnchen (Fig. 2). Diese Parenchymnester, die in einer, manchmal in zwei tangentialen Reihen liegen, habe ich in allen Gummi absondernden Zweigen vorgefunden; sie ließen sich auch in der kambialen Region mehrjähriger Äste und Stämme nachweisen, sofern an deren Rinde sich Gummiaustritt bemerkbar machte. In ganz gesunden Ästen sowie in abgeschnittenen Zweigen, die unmittelbar, nachdem sie dem Baume entnommen waren, untersucht wurden, konnte ich nirgends diese Zellkomplexe beobachten. An Stelle dieser Parenchymgruppen finden sich späterhin mit farblosem Gummi erfüllte Räume (Gummihöhlen, Gummidrusen) vor. Wie ich weiter unten zeigen werde, entsteht hier das Gummi in den erwähnten Parenchymzellen, welche ich »Gummizellen« nenne. Ihrer Lage nach sind es wohl Holzparenchymzellen, doch da ihre Membran aus Zellulose besteht und in diesem Entwicklungsstadium niemals verholzt ist, weiters auch die für die Holzparenchymzellen charakteristischen, porösen Verdickungen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

fehlen, wähle ich eine besondere Bezeichnung; es sei jedoch schon hier bemerkt, daß aus diesen Gummizellen echte Holzparenchymzellen hervorgehen können.

Diese in kambialer Region zur Entwicklung kommenden Gummiräume hat bereits Wigand beobachtet, legt ihnen jedoch für die weitere Gummibildung keine Bedeutung bei.[1] Auch Prillieux erwähnt, daß das Kambium, statt an »dieser Stelle« sich in Holzfasern umzuwandeln, Zellen produziert, in welchen Stärke in größerer Mege abgelagert wird, und die in eine ursächliche Beziehung zur Gummibildung gebracht werden müssen.[2] Aderhold findet an verletzten und mit *Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. geimpften Amygdaleen-Zweigen eine ganz analoge Erscheinung: »Merkwürdig zarte, lockere Parenchymgruppen, die nicht verholzen, vielmehr hinfällig sind und sich alsbald in Gummidrusen verwandeln.«[3] Daß in verwundeten Zweigen die Gummibildung mit einer anormalen Tätigkeit des Kambiums beginnt, wird auch von Frank zugegeben. In dessen Handbuch der Pflanzenkrankheiten heißt es: »Die Kambiumschichte erzeugt nämlich in solchen Fällen stellenweise kein normales Holz, sondern kleinere und größere, lediglich aus abnormem Holzparenchym bestehende Gewebskomplexe, und aus diesen entstehen, indem ihre Zellen in Gummi sich umwandeln, größere, mit Gummi erfüllte Kanäle.[4] Von einem Gummi bildenden Parenchym spricht auch gelegentlich der Beschreibung der Gummibildung im Zuckerrohr und den Aurantiaceen Delacroix; doch ist dieser Forscher geneigt, die Entstehung dieses Parenchyms in den Bast, beziehungsweise das Holz bezeichneter Gewächse zu verlegen, für die Amygdaleen aber in dem Kambium anzunehmen.[5]

---

[1] Wigand, l. c., p. 136.

[2] Prillieux, Compt. rend., 1874, p. 173.

[3] Aderhold, Über *Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. und Beziehungen desselben zum Gummiflusse des Steinobstes. Arbeiten der biolog. Abt. f. Land- und Forstwirtschaft am kais. Gesundheitsamte, II., H. 5, 1902, p. 554.

[4] Frank, Die Krankheiten der Pflanzen, II. Aufl., 1896, I. Bd., p. 51.

[5] Delacroix, Sur quelques processus de gommification. Compt. rend. 1904, p. 278 bis 279.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Alle diese Angaben zusammenfassend, ist die Annahme zulässig, daß von der Wunde aus ein Reiz auf das Kambium ausgeübt wird, durch welchen dieses veranlaßt wird, eine abnormale Tätigkeit zu entwickeln. Daß das Kambium sich durch eine bedeutende Reaktionsfähigkeit bei Verwundungen auszeichnet, wird in der Pathologie als erwiesen angenommen.[1] In den abnormen Parenchymzellen wird plastisches Material angehäuft; es findet aus den angrenzenden normalen Geweben ein Zug von Baustoffen dahin statt, die daselbst nicht in die normalen Zellbestandteile, sondern in Gummi umgewandelt werden. Wir haben es mit einem hyperplastischen Zustand zu tun, und zwar jener Form der Hyperplasie, welche Küster Heteroplasie nennt.[2] Auch Czapek ist der Ansicht, daß es sich bei der Gummibildung um pathologische Hyperplasie handelt und will mit diesem Zustande die Einwände, welche gegen die Entstehung des Gummi aus Zellmembranen erhoben wurden, entkräftet haben.[3]

Bevor ich zur weiteren Besprechung der anatomischen Befunde schreite, sei es gestattet, auf jene eigentümlichen, von Harz erfüllten Bildungen hinzuweisen, die im Holze der Abietineen als Folge von Verwundungen auftreten und als Harzgallen bezeichnet werden. Nach den Untersuchungen von Nottberg entstehen die Harzgallen nur durch die Tätigkeit des Kambiums bei Verletzungen mannigfacher Art.[4] Das Kambium erzeugt ein Wundparenchym, Parenchymnester. Die inneren Zellen des Nestes sind dünnwandig, ihre Membranen geben Zellulosereaktion; die äußeren Zellen haben verdickte und verholzte Membranen. In beiden Zellformen entstehen im Innern Harztröpfchen. Später verschleimen die Membranen, das Harz tritt aus den Zellen heraus und erfüllt den durch das Zugrundegehen der früher vorhandenen Parenchymzellen entstandenen Raum. Es kommt zur Bildung einer »Harzgalle«.[5]

---

[1] Küster, Pathologische Pflanzenanatomie, p. 298.

[2] Küster, l. c., p. 136.

[3] Czapek, Biochemie der Pflanzen, 1905, p. 552.

[4] Nottberg, Experimental-Untersuchungen über die Entst. d. Harzgallen u. verwandt. Gebilde unserer Abietineen. Inaugural-Dissertat., Bern, 1897.

[5] Nottberg, l. c., p. 34.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Bildung der Harzgalle geht immer vom Kambium aus als Folge der Verwundung; das Harz entsteht immer im Inhalte der pathologischen Parenchymzellen; aus welchen Substanzen es jedoch gebildet wird, gibt Nottberg nicht an. Ich finde in Nottberg's Arbeit keine Bemerkung über das Vorkommen von Stärke in den pathologischen Zellen. Sei nun dem so oder so, stets ist die Entstehung der Harzgalle mit Vorgängen verbunden, welche den bei der Bildung der kambialen Gummiräume wirkenden sehr ähnlich sind, und man könnte daher bei den Amygdaleen von »Gummigallen« sprechen, als einer Bildung, welche ihre Entstehung, analog der der Harzgallen der Abietineen, einer durch Verwundung hervorgerufenen abnormen Tätigkeit des Kambiums verdankt.

Die Gummilücken, die im Holze und der Rinde der Amygdaleen entstehen, werden allgemein als auf lysigenem Wege entstandene Räume bezeichnet.[1] Meine Beobachtungen zeigen, daß diese Lehre nur zum Teile richtig ist. Verfolgt man nämlich die weitere Entwicklung der aus anormalen Gummiparenchym zusammengesetzten Zellkomplexe, so ergibt sich folgendes: Anfangs sind die anormalen Parenchymzellen dicht aneinander liegend und lassen keine Interzellularen zwischen sich frei. Bald sieht man jedoch im Zentrum der Gruppe einen schizogenen Interzellularraum sich bilden (Fig. 3), der, wie Längsschnitte zeigen, zu einem schizogenen Kanal wird und den Zellkomplex nahezu der ganzen Länge nach durchzieht (Fig. 4). Häufig entstehen an mehreren Stellen solche schizogene Räume, ja auch in so großer Zahl, daß das ganze Gewebe locker wird und es den Eindruck hervorruft, als ob ein Zerfall des Gewebes durch Lösung der gemeinschaftlichen Mittellamelle (primäre Membran) eingetreten wäre. Die von Aderhold erwähnten Spalten und Lücken zwischen den dünnwandigen Zellen der vom Kambium erzeugten anormalen Zellkomplexe, die allmählich zu einem zentralen, mit Gummi erfüllten Raume zusammenschließen, sind gewiß auf solche schizogene Räume zurückzuführen.[2] Mittlerweile gehen im Zellinhalte mehrfache Veränderungen

[1] Tschirch, Pflanzenanatomie, p. 509.

[2] Aderhold, l. c., p. 555.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

vor sich: Die in den Gummizellen angehäufte Stärke verschwindet nach und nach, und die noch vorhandenen Stärkekörnchen färben sich mit Jod oder besser mit Jodkalium rot bis rotbraun. Der Protoplasmakörper, der zu Beginn des Prozesses die Zelle dicht erfüllt, zieht sich als mehr oder minder dicker Wandbeleg zurück und erhält ein schaumiges Aussehen (Fig. 4). Im Innenraum der Zelle liegt dann ein großer, kugelförmiger Körper, manchmal auch mehrere kleinere, traubenförmig aneinander gereihte Körperchen, deren Substanz das Licht sehr stark bricht, in Wasser erst bei längerer Einwirkung desselben, in Alkohol jedoch sich sofort löst. Mit Eisensalzen werden diese Kugeln schmutziggrün, mit Kaliumbichromat bilden sie eine voluminöse, braune Masse, die im Wasser nicht löslich ist. Mit Ammoniumkarbonat geben die fraglichen Körper körnige Fällungen, die nach kurzer Einwirkung des Reagens wieder löslich, nach längerer Einwirkung jedoch unlöslich geworden sind.[1] Mit Methylenblau behandelt, speichern diese Körper den Farbstoff und nach einiger Zeit treten in ihnen die von Pfeffer beschriebenen blauen Niederschläge auf.[2] Mit Vanillinsalzsäure werden die Kugeln unter Beibehaltung ihrer Gestalt körnig gefällt und rotbraun gefärbt. Alle diese Reaktionen deuten darauf hin, daß man es hier mit einem gerbstoffartigen Körper zu tun hat, der aber, der Vanillin-Salzsäurereaktion nach zu schließen, in den Kugeln nicht allein, sondern im Verein mit Phloroglucin auftritt.[3] Auf das Auftreten von Gerbstoffen in größerer Menge in gummihaltigen Zellen der Tarihülsen hat Hanausek hingewiesen[4], und eine Anhäufung von Phloroglucin an Schnittstellen bei Ringelungsversuchen wurde von Waage mit der erhöhten Bildungstätigkeit des Wundparenchyms in Zusammenhang gebracht.[5]

[1] Klercker, Studien über die Gerbstoffvacuolen. Tübinger Inaug. Diss., 1888.

[2] Pfeffer, Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Untersuch. a. d. bot. Inst. in Tübingen, II, p. 190 ff.

[3] Waage, Über das Vorkommen des Phloroglucins in der Pflanze. Ber. der deutsch. bot. Gesellsch. 1890, p. 273.

[4] Hanausek, Über die Gummizellen der Tarihülsen, Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1902, p. 82.

[5] Waage, l. c., p. 270.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Eine größere Menge von Gerbstoffen konnte auch Tunmann in den Sezernierungszellen verschiedener Drüsen, so z. B. in den älteren Entwicklungsstadien der schleimabsondernden Drüsen von *Sambucus nigra* u. a. m. konstatieren.[1]

Diese Gerbstoff-Phloroglucinkugeln lassen sich bei der weiteren Entwicklung der Gummihöhlen in den Gummizellen nicht mehr auffinden. Ihr weiteres Schicksal ist nicht bekannt und ob ihre Substanz bei der Entstehung des Gummi in den Zellen eine Rolle spielt, darüber kann ich keine Auskunft geben. Jedenfalls verdient die Tatsache Beachtung, daß in den gummibildenden Elementen dem Auftreten des Gummi Körper aus der aromatischen Reihe vorangehen.

Läßt man auf die oben beschriebenen Gerbstoff-Phloroglucinkörper führenden Zellen Alkohol einwirken, so wird der Inhalt der stark glänzenden Kugeln sofort gelöst, und es bleibt ein scheinbar leerer Raum zurück. Das sich kontrahierende Protoplasma wird in Alkohol trübe; bei Zutritt von Wasser wird es in einzelnen Partien etwas lichter, ohne das ursprüngliche Aussehen zu erhalten, so daß angenommen werden muß, daß Alkohol verschiedene, in Wasser lösliche Körper gefällt hat, von denen die einen, in Wasser wieder löslich, ich als Gummi anspreche, die anderen aber von Gummi verschiedener Natur sein dürften. Das Material für dieses Gummi, das im lebenden Plasmakörper entstanden ist, wurde von der Stärke geliefert. Frank nimmt Gummibildung aus Stärke an, doch spricht er von Gummikörnchen, die sich an Stelle der Stärkekörnchen vorfinden.[2] Ich konnte keine festen Gummikörnchen beobachten, sondern nur gelöstes Gummi, das in den im Wandbeleg auftretenden Vacuolen seinen Sitz hat (Fig. 9). Eine Beteiligung der Stärke an der Gummibildung in der Zelle behauptet auch Prillieux,[3] und Tschirch gibt dieselbe für die Bildung der dem Gummi nahe verwandten Schleimmembranen zu.[4]

---

[1] Tunmann, Über die Secretdrüsen. Inaug. Diss., Leipzig, 1900, p. 44.

[2] Frank, l. c., p. 28.

[3] Prillieux, l. c., p. 174.

[4] Tschirch, l. c., p. 203.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Dieses durch die Tätigkeit lebenden Plasmas erzeugte Gummi wird von letzteren ausgeschieden und sammelt sich zwischen Hautschichte und primärer Membran an, diese papillenartig vortreibend.

In dem schizogenen Raume tritt zu dieser Zeit kein Gummi auf. Die Ausscheidung des Gummi von Seite des Plasmas findet meistens einseitig an der gegen den Interzellularraum zugewendeten Membranfläche statt und bildet an dieser eine stark lichtbrechende Kappe, oft von beträchtlicher Mächtigkeit (Fig. 5). Die primäre Membran ist in allen Fällen noch vorhanden, färbt sich mit Chlorzinkjod blauviolett, während das Gummi insbesondere in den äußeren, der Membran anliegenden Partien mit einem gelblichen Farbenton tingiert wird. Läßt man auf die oben beschriebenen, Kappen tragenden Parenchymzellen Alkohol einwirken, so tritt in der Kappe (Raum zwischen Plasma und primärer Membran) Körnchenfällung ein. Der ganze Raum wird dicht mit Körnchen angefüllt, die in den inneren Partien anfangs lebhafte, später stillstehende Molekularbewegung zeigen und bei längerem Liegen in Alkohol zu größeren, klumpenartigen körnigen Bildungen verschmelzen. In den äußeren Partien der gefällten Substanz zeigen die Körnchen niemals Molekularbewegung, sie sind hier dicht aneinander gelagert und bilden innerhalb der primären Membran eine ganz deutliche, zusammenhängende Schichte, die stellenweise homogen erscheint und ohne nach innen zu scharf abgegrenzt zu sein, in die körnige Substanz kontinuierlich übergeht (Fig. 12, 13). Bei Zutritt von Wasser wird der frühere Zustand wieder hergestellt. Betrachtet man einen Längsschnitt, der durch einen von Gummizellen begrenzten Interzellularraum hergestellt ist, so sieht man die den Raum begrenzenden Parenchymzellen etwas gestreckt, und letztere zeigen, da die innere Fläche der Kappe nicht parallel mit der primären Membran verläuft, eigentümliche, ungleichmäßige Verdickungsmassen, die aber nicht aus normaler Membransubstanz bestehen, sondern gummiartiger Natur sind (Fig. 10, 11). Eine unregelmäßige Ablagerung von Wandsubstanz und auch lokal verdickte Membranen, nach innen ragende Zapfen, Klumpen, die nicht selten miteinander verschmelzen, werden von Küster

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

auf jene pathologischen Zustände zurückgeführt, die er als Metaplasie bezeichnet.[1] Eine Schichtung ist an der Kappensubstanz nicht deutlich wahrzunehmen, nur in einigen Fällen angedeutet (Fig. 14), doch keineswegs in einer solchen Weise, daß ich die Erscheinung als durch echte Schichtenbildung hervorgerufen bezeichnen könnte. Auch an den gefällten Körnchen läßt sich in der Regel keine reihenweise Anordnung erkennen. In einzelnen Fällen konnte ich wohl in der Peripherie Körnchenreihen beobachten. Bei Behandlung mit Neutralrot und Säuregrün färben sich die Kappen in den inneren Partien schön rosenrot, in den äußeren geht die Färbung in Orange über. Das Plasma färbt sich blaugrün, an der primären Membran konnte keine distinkte Färbung wahrgenommen werden. Die lokalen Verdickungsmassen sind stets farblos, heben sich durch ihre Lichtbrechung von der Umgebung scharf ab und sind in den äußeren (der primären Membran anliegenden) Partien dichter als in den dem Plasma zugekehrten. Geht man eine Reihe von Längsschnitten durch, so findet man Gummiparenchymzellen, deren lokale Verdickungsmassen verschiedene Mächtigkeit erreichen, ja auch einzelne, in denen letztere so weit nach innen vorgedrungen sind, daß das Lumen beinahe ganz verschwunden ist (Fig. 14, 19). Zusatz von Alkohol bewirkt in den inneren Partien deutliche Körnchenfällung, die äußere Substanz wird in Alkohol unter schwacher Trübung zu einer der primären Membran enge anliegenden, aber von dieser doch unterscheidbaren Schichte kontrahiert, welch letztere bei starken Vergrößerungen betrachtet, geschichtet und stellenweise von Körnchen durchsetzt erscheint, bei Wasserzutritt quillt und das frühere homogene Aussehen gewinnt (Fig. 12, 13). Einige Male habe ich auch beobachtet, daß bei längerer Einwirkung des Alkohols die ganze als ungleichmäßige Verdickung erscheinende Gummimasse sich zurückzieht und im Zellraume als ein unregelmäßig gefalteter, ziemlich dickwandiger Schlauch zu liegen kommt. Bei der zentripetal vor sich gehenden Substanzzunahme der gummiartigen Verdickungsmassen wird das Plasma immer mehr zurück-

[1] Küster, l. c., p. 63; s. auch die dort zitierte Literatur über derartige lokale Wandverdickungen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gedrängt, bis es schließlich auf eine ganz schmale, häufig sichelförmig gekrümmte Masse, die der inneren Membran anliegt, reduziert ist (Fig. 8, 19). Schließlich wird das Plasma ganz aufgebraucht, und die Zelle ist von einer farblosen, gequollenen Gummimasse erfüllt, die außen von der noch vorhandenen primären Membran umkleidet ist (Fig. 8). Einzelne Plasmastücke werden häufig von dem zurückgedrängten Körper losgelöst und erscheinen als abgequetschte Teile in der Kappensubstanz, beziehungsweise am Längsschnitt in der lokalen Verdickungsmasse (Fig. 8, 19). Bei Behandlung mit dem Lutz'schen Farbengemisch tritt die blaugrüne Färbung dieser losgelösten Plasmapartien von der rosaroten Färbung der sie umgebenden Gummimasse deutlich hervor. An einzelnen Gummizellen konnte ich während des Eintrittes von Alkohol in die Zelle noch eine eigentümliche, auf den ersten Blick befremdende Erscheinung wahrnehmen. Sobald nämlich der Alkohol in die Zelle einzudringen beginnt, findet sofortige Kontraktion des Plasmas statt und gleichzeitig mit dieser eine Ausdehnung der Verdickungsmasse nach innen zu; letztere bleibt homogen, zeigt keine Fällung und rückt gewissermaßen dem sich kontrahierenden Plasma nach. Es macht den Eindruck, als ob der Alkohol eine Quellung in der Gummimasse hervorgerufen hätte, was aber nicht der Fall ist, denn nach 1 bis 2 Minuten ändert sich das Bild, indem in der verbreiterten Gummimasse Körnchenfällung eintritt, und sich dieselben Vorgänge, die oben beschrieben wurden, abspielen.

Fig. 15, 18 zeigt 3 Gummizellen mit deutlich ausgebildeten Kappen. Das Präparat liegt in verdünntem Alkohol, in dem noch keine Fällung eintritt. Jede dieser Zellen enthält einen Plasmabeleg *pl*, der Zellkern *n* liegt überall an der nach außen gewölbten Partie, in dem Plasma eingebettet. Der Wandbeleg zeigt an der Außenfläche eine scharfe Grenzschichte t_2, die ich als eine von ihm ausgeschiedene Membranschichte auffasse, dann folgt nach außen zu eine Gummimasse g_2, hierauf wieder eine scharfe, deutlich doppelt konturierte Membranschichte t_1, hierauf eine Gummimasse g_1, die der den Interzellularraum begrenzenden, primären Membran *pr* anliegt. Bei Behandlung mit absol. Alkohol wurde das Plasma kontrahiert, g_2 körnig gefällt, g_1

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ohne Fällung stark kontrahiert, t_1, t_2 und *pr* treten in absolutem Alkohol noch deutlicher als früher hervor (Fig. 16). *pr* und t_1 färben sich mit Chlorzinkjod blauviolett, g_1, g_2 schwach gelb, *pl* und t_2 dunkelgelb. Nach Behandlung mit Kalilauge und entsprechendem Auswaschen trat mit Chlorzinkjod auch in t_2 eine Blaufärbung ein. Der Protoplast hat in diesen Zellen abwechselnd eine Gummi- und eine normale Zelluloseschichte ausgeschieden, welch letztere eine der tertiären Membran analoge Bildung ist. Der Vorgang verläuft ähnlich wie ihn Walliczek für die Schleimzellen in der Epidermis der Blätter von *Tilia grandifolia* (p. 233), *Cassia-* und *Barosma*-Arten (p. 238, 240) beschreibt.[1] Übrigens sei hier auf eine Bemerkung Haberlandt's, den näheren Vorgang der Sekretbildung in der Zellwand betreffend, hingewiesen. Haberlandt hält es wohl für wahrscheinlicher, daß das Rohmaterial für die Sekretbildung aus dem Zelllumen stammt, erachtet jedoch auch eine chemische Metamorphose bestimmter Zellwandschichten, die dann in dem Maße, als sie zur Sekretbildung verbraucht würden, immer wieder neu entstehen müßten, für möglich. In beiden Fällen faßt aber Haberlandt den chemischen Vorgang als einen unter Einfluß des lebenden Protoplasten der Drüsenzelle vor sich gehenden auf.[2]

Die primären Membranen sowie die eventuell erzeugten tertiären Membranen bleiben sehr lange erhalten, endlich verschwinden sie. Sie werden gelöst, vielleicht auch in Gummi umgewandelt. Die Gummimassen behalten meistens die Gestalt der Zellen, aus denen sie entstanden sind, und ich konnte dann, insbesondere bei allmählichem Zutritt von Alkohol in dem scheinbar homogenen Gummi, das den Interzellularraum auskleidet, die Grenzen der früher vorhandenen Zellen deutlich erkennen (Fig. 8). Da aber das Gummi in wasserreichen Geweben stets gequollen ist, so verschwindet diese Zellstruktur, indem die einzelnen (den Zellen entsprechenden) Gummikörper zu einer homogenen, farblosen Masse verschmelzen, die, von

[1] Walliczek, Studien über die Membranschleime veget. Organe. Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Bot. 1893.

[2] Haberlandt, Physiol. Pflanzenanat. III. Aufl., p. 451.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

außen nach innen gegen die Mitte des Interzellularraumes zu fortschreitend, diesen erfüllt. Werden an verschiedenen Stellen des anormalen Parenchyms schizogene Räume angelegt, in deren Grenzzellen dieselben Vorgänge vor sich gehen, so ist es begreiflich, daß ein Zerfall des ganzen Gewebskomplexes eintritt, an dessen Stelle man später eine homogene Gummimasse vorfindet, in welcher einzelne isolierte Zellen auftreten. Es macht dann den Eindruck, als ob die Gummibildung von einer »Interzellularsubstanz« und der primären Membran ausgegangen wäre, in welcher die Zellen eingebettet erscheinen,[1] was aber hier ganz gewiß nicht den tatsächlichen Verhältnissen entspricht. Die Gummibildung beginnt im Innern der noch immer lebenden Zelle, die primäre Membran ist hiebei gar nicht beteiligt. Diese wird wohl später in den Prozeß mit einbezogen, doch ist die durch eine Umwandlung der primären Membran etwa entstandene Gummimenge eine minimale. Gummibildung von innen her wird für einzelne Wundparenchymzellen auch von Aderhold als sicher angenommen.[2]

Eine Beobachtung, welche das eben Gesagte bekräftigt, will ich noch mitteilen. Wenn man Querschnitte aus einem im Zimmer längere Zeit gestandenen Amygdaleenzweig, der im oberen Teile infolge verminderter Wasserzufuhr dem Eintrocknen nahe ist, untersucht, so findet man neben den gewöhnlichen Gummihöhlen in derselben tangentialen Reihe wenigzellige Parenchymgruppen, deren Elemente stellenweise sich nicht berühren, sondern durch eine stark lichtbrechende, homogene »Interzellularsubstanz« getrennt sind (Fig. 6). Gibt man zu einem solchen Schnitt Alkohol und läßt denselben genügend lange einwirken, so erscheint an Stelle der »Interzellularsubstanz« ein leerer Interzellularraum, der von ungemein stark verdickten, vergummten Membranen begrenzt wird. (Fig. 7, *g*.) Verdrängt man den Alkohol während der Beobachtung durch Wasser, so beginnen in dem Maße, als das Wasser eindringt, die verdickten Membranen *g* zu quellen und gegen den Interzellularraum hin vorzuwölben, bis sie sich

[1] Frank, l. c., p. 27.

[2] Aderhold, l. c., p. 553.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gegenseitig berühren und an den Außenflächen verschmelzen, wodurch die früher erwähnte homogene »Interzellularsubstanz« gebildet erscheint (Fig. 6). Hier sind also die Membranen noch vollständig erhalten, nur stark gequollen und die gequollene Membransubstanz erfüllt den schizogen angelegten Raum. Von Molisch wird eine Beobachtung an verletzten Stengeln von Zuckerrohr angeführt, der zufolge das unterhalb der Wunde liegende Parenchym infolge der Verletzung nach und nach ein collenchymatisches Aussehen annimmt, während man im unverwundeten Parenchym davon nichts sieht, sondern die Zellen zwischen sich luftführende Interzellularen bilden.[1] Nach Molisch sezernieren die Zellen in die Räume Gummi und erhalten, die Interzellularen ganz verstopfend, das Ansehen von Collenchymzellen.

Die Vergrößerung des Gummiraumes erfolgt nun derart, daß, nachdem die den schizogenen Raum begrenzende Zellschichte vollständig in Gummi umgewandelt wurde, der Prozeß die nächste Zellreihe, die zur Grenzzellschichte geworden ist, ergreift, und sich in ihr dieselben Vorgänge wiederholen, die in der ersten Zellschichte stattgefunden haben (Fig. 8). Die Erweiterung kann man als auf lysigenem Wege zu stande gekommen erklären. Das Kambium erzeugt aber auch noch weiter Gummiparenchym, das sich den für die Entstehung des Gummi vorgebildeten Zellkomplexen anschließt, mit einem Worte, die Parenchymnester werden immer größer. So können in der Folge ganz bedeutende Gummimengen produziert werden, die sich in den Räumen ansammeln, bei genügend vorhandener Feuchtigkeit quellen und auf die benachbarten normalen Gewebe sowohl mechanisch als chemisch zerstörend wirken werden, wie bereits von W. Hofmeister hervorgehoben wurde.[2] Überdies werden aber auch noch anormale parenchymatische Elemente, die von den schizogenen Interzellularräumen weiter entfernt sind und noch allseitig im Gewebeverbande stehen, von der einmal angeregten Gummi-

[1] Molisch: Zur Kenntnis der Thyllen nebst Beob. über Wundheilung in der Pflanze. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, Bd. XCVII, 1888. p. 28, 29.

[2] W. Hofmeister, l. c., p. 215.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

bildung ergriffen. Ich habe nicht selten gesehen, daß ganze solche Zellgruppen, die keine Interzellularen führen, durch die in den einzelnen Zellen von außen nach innen fortschreitende Gummibildung in farbloses Gummi umgewandelt wurden. Solche Zellkomplexe sind von ihrer Umgebung durch ihre Lichtbrechung scharf unterscheidbar. Die primären Membranen sind noch erhalten und treten namentlich bei beginnender Alkoholeinwirkung deutlich hervor; endlich werden sie gelöst, es entsteht ein auf lysigenem Wege angelegter, mit Gummi erfüllter Raum, beziehungsweise Kanal. Aber die weitaus größere Zahl der in der kambialen Region vorkommenden Gummiräume sind ihrer ersten Anlage nach schizogen und werden dann später lysigen erweitert; sie sind also als schizo-lysigene Räume zu bezeichnen.

Tschirch, der zuerst den Ausdruck schizo-lysigen gebraucht, und sein Schüler W. Sieck haben die schizo-lysigene Entwicklung einer ganzen Reihe von Harz- und Ölräumen festgestellt.[1] Wenn man die Vorgänge, welche Tschirch und Sieck für Harz- und Ölräume beschreiben, und insbesondere die beigegebenen Zeichnungen mit den von mir konstatierten Prozessen, die zur Gummibildung und zur Entstehung der kambialen Gummiräume führen, sowie mit meinen Figuren vergleicht, so ergeben sich für die Gummiraumbildung einerseits und für die Harz- und Ölräumebildung andrerseits mehrfache Analogien. Hier wie dort ist die erste Anlage des Sekretraumes schizogen, die Erweiterung desselben lysigen. In beiden Fällen findet häufig Kappenbildung nach dem Interzellularraum hin statt. Eine Differenz ergibt sich allerdings: während nach Tschirch die Harz-, beziehungsweise Ölbildung in einer bestimmten Membranschichte (resinogene Schichte), die von dem Plasma durch eine Zellulosenwand getrennt ist, stattfindet,[2] finde ich die Gummibildung direkt vom Plasma ausgehend, durch die Tätigkeit des lebenden Plasmas bedingt. Die Entstehung von Gummi in einer bereits vorhandenen Membran-

[1] Tschirch, Harze und Harzbehälter, Leipzig 1900; Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforsch. Freunde, Berlin 1884.

W. Sieck, Die schizo-lysigenen Secretbehälter, Pringsheim's Jahrb., 1895.

[2] Tschirch, l. c., p. 364.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

schichte konnte ich in allen bisher beschriebenen Vorgängen nicht beobachten. Ich stelle mir vor, daß das Plasma der Gummizellen aus bestimmtem, zugeführtem Material (Stärke) eine im Wasser lösliche Gummiart (Arabin?) erzeugt, diese nach außen zwischen Plasmahaut und primärer Membran ausscheidet; in diesem Raume geht nun eine allmähliche Umwandlung des löslichen Gummi in unlösliches, aber im Wasser quellendes (Cerasin), und zwar von außen nach innen fortschreitend, vor sich. Daß eine solche Umwandlung möglich ist, geht aus den Beobachtungen Fremy's und Barfoed's hervor, denen zufolge die lösliche Arabinsäure (Gummisäure) beim Erhitzen auf 150° unlöslich wird und sich in Metarabinsäure (Meta-Gummisäure) umwandelt, einen Körper, der die Eigenschaften des Cerasins besitzt.[1] Wenn nun auch in unserem Falle eine Umwandlung von Arabin in Cerasin durch die angegebene Ursache ausgeschlossen ist, so muß, abgesehen von der durch die Beobachtungen Fremy's und Barfoed's sichergestellten Tatsache, hier berücksichtigt werden, daß Änderungen in den Eigenschaften eines Körpers in der lebenden Zelle durch die Tätigkeit des lebenden Plasmas erreicht werden können, und bei der Umwandlung des Arabins in das ihm jedenfalls nahestehende Cerasin an die chemische Energie des Plasmas sicher keine höheren Anforderungen gestellt werden, als dies bei vielen anderen Umwandlungsprozessen, die sich zwischen in der chemischen Zusammensetzung ganz verschiedenen Körpern in der Zelle abspielen, der Fall ist.

Die Entstehung des Gummi in den kambialen Gummiräumen der Amygdaleen weist aber auch noch einige übereinstimmende Merkmale mit der Entstehung der von H. Walliczek genau studierten Membranschleime auf.[2] In Absatz 2 der Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse der unten zitierten Abhandlung heißt es: »Die Membranschleime entstehen durch Ausscheiden einer Schleimlösung seitens des Plasmas zwischen der primären Zellmembran und dem Plasma.

---

[1] Tollens, Handbuch d. Kohlenhydrate I, 2. Aufl., p. 218.

[2] H. Walliczek, Studien über d. Membranschleime veget. Organe. Pringsheim's Jahrb., 1893, p. 209 ff.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Diese Schleimlösung differenziert sich allmählich zu Schichten, welche sich an die primäre Membran anlegen. Das Plasma wird hiebei größtenteils resorbiert. Niemals liegen die Schleimschichten innerhalb des Primordialschlauches.« Die Analogie mit der Gummibildung fällt, von der Schichtung der Schleimmembran abgesehen, in die Augen. Wohl ist der Vorgang, der bei der Membranschleimbildung ein normaler ist, bei der Gummibildung ein pathologischer. Das Plasma, das in gewissen Geweben der Amygdaleen normalerweise die gewöhnlichen Membransubstanzen (Zellulose) erzeugt und ausgeschieden hätte,[1] hat bei dem durch die Verwundung hervorgerufenen krankhaften Zustand seine chemische Tätigkeit geändert und das vorhandene und durch weitere Zufuhr stets ergänzte, plastische Material zur Gummibildung verwendet. Das gebildete Gummi wird in Lösung ausgeschieden, wandelt sich unter dem Einflusse des Plasmas in eine unlösliche Modifikation um und bildet zwischen äußerer Plasmahaut und primärer Membran den sekundären Zellwandschichten entsprechende Verdickungen. Weiters führt Walliczek für die Schleimzellen von *Althaea offic* an einzelnen Stellen eine Verdichtung der Schleimkörnchen in der Nähe der Zellwand an[2] und auch für die Schleimzellen von *Epiphyllum truncatum* werden ähnliche Verhältnisse beschrieben.[3] Ich erwähnte oben eine dichtere Anlagerung der von Alkohol gefällten Körnchen unterhalb der primären Membran und brachte diese in Zusammenhang mit der in der Zelle zentripetal allmählich fortschreitenden Umwandlung von Arabin und Cerasin. In den Schleimzellen von *Tilia grandifolia* beobachtet Walliczek eine teilweise Abquetschung der Plasmafortsätze in die Schleimsubstanz;[4] eine ähnliche Erscheinung habe ich gleichfalls oben beschrieben. Weiters wird von Walliczek für dieselben Schleimzellen angegeben, daß diese sich infolge zentripetaler Ablagerung der Schleimschichten schließlich ganz mit

---

[1] Strasburger, Die pflanzl. Zellhäute. Pringsheim's Jahrb., 1898, p. 573.
[2] Walliczek, l. c., p. 256.
[3] Walliczek, l. c., p. 263.
[4] Walliczek, l. c., p. 248, s. auch Tafel XI, Fig. 24.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Schleim füllen, die einander berührenden, primären Zellwände sich lösen und auf diese Weise eine lysigene Schleimhöhle entsteht.[1] In einzelnen Fällen konnte auch ich für die Gummiräume eine lysigene Entstehungsweise feststellen. Endlich weise ich auf die von Walliczek beobachtete, wiederholte Bildung der tertiären Verdickungsschichten hin, die auch von mir in ähnlicher Art bei einzelnen Gummizellen gesehen wurde. Jedenfalls stehen die von mir beobachteten Vorgänge in den Gummizellen nicht vereinzelt da; es lassen sich, was die morphologischen Veränderungen in der Zelle betrifft, nach einigen Richtungen hin übereinstimmende Momente zwischen Gummibildung und der Entstehung der Membranschleime, sowie der Harze sicherstellen.

Die kambialen Gummiräume sind stets, wie bereits Wigand[2] und Frank[3] angeben, beiderseits von unveränderten Markstrahlen begrenzt, die entweder dauernd erhalten bleiben (dann werden die Gummiräume nicht weiter vergrößert) oder deren Elemente auch in den Prozeß miteinbezogen werden können, in der Weise, daß zunächst die seitlichen Markstrahlzellen zu Gummizellen werden und die zur Gummibildung führenden Veränderungen durchmachen. Häufig ergreift dann die Gummibildung auch die inneren Partien des Markstrahlengewebes, dessen Elemente nach Lösung der Membran in der allgemeinen Gummimasse verschwinden. Es findet also zweifellos auch eine vollständige Lösung der Zellulosemembranen, vorher nicht der Gummibildung dienenden Elemente, statt. Das zeigt die Zerstörung der Markstrahlen in der kambialen Region, das kommt auch, wie weiter unten noch auseinandergesetzt wird, in der Rinde vor. Ob nun die Lösung, beziehungsweise Umwandlung der Membran in Gummi in der Zelle von innen nach außen oder umgekehrt vor sich geht, läßt sich bei der Dünne der Membranen nicht genau feststellen, wahrscheinlich werden beide Vorgänge beteiligt sein. Eine Umwandlung der Membran von innen nach außen möchte ich annehmen, da

[1] Walliczek, l. c., p. 249; s. auch Tschirch, Anatomie, p. 215.

[2] Wigand, l. c., p. 136.

[3] Frank, l. c., p. 26.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

auch die der Gummibildung verfallenden Markstrahlenelemente lösliches Gummi führen und dieses auf die primäre Membran von innen her lösend wirkt, wie es bei den vorgebildeten Gummizellen der Fall ist, was oben beschrieben wurde. Den Umwandlungsprozeß, in entgegengesetzter Richtung fortschreitend, könnte man wieder zugeben in Berücksichtigung des Umstandes, daß die einmal gebildete, strukturlose, halbflüssige Gummimasse sichtlich als ein Lösungsmittel auf die Membran, die von ersterer allseitig umgeben sein kann, wirkt.[1] In dieser Hinsicht stimme ich Wigand bei, wenn er eine Umwandlung der Membran in Gummi annimmt, doch kann ich der Verallgemeinerung dieses Satzes nach allen meinen Beobachtungen nicht beipflichten. Die Menge des durch Membranmetamorphose erzeugten Gummi ist immer so gering, daß das Vorhandensein der ganz bedeutenden Gummimassen durch diesen Prozeß allein nicht erklärt werden kann; vielmehr wird die Hauptmasse des Gummi im Innern von durch die kambiale Tätigkeit vorgebildeten, nur dem Zwecke der Gummibildung dienenden Elementen erzeugt. Der Ausgangspunkt der Gummibildung ist immer die kambiale Region; dort sind die Gummiherde zu suchen.

Die Gummiherde entstehen an bestimmten Stellen des kambialen Holzgewebes, wo sich nestförmig angeordnete Gruppen von anormalen Parenchymzellen (Gummizellen) bilden. Die anormale Tätigkeit des Kambiums hat ihre Ursache in dem durch den Schnitt hervorgerufenen Wundreiz: Sie stellt die Reaktion der Pflanze auf den äußeren Eingriff dar. Nachdem ich nun auch an vieljährigen Ästen und Stämmen, an deren Rinde Gummifluß stattfindet, dieselben Bildungen in der kambialen Region stets beobachten konnte, so erblicke ich hier unter Annahme einer Fortdauer des Wundreizes für dieselben Wirkungen dieselben Ursachen, nämlich, daß auch in den Stämmen die Ursache der Gummibildung auf eine bis zum Kambium gehende Verwundung zurückzuführen ist, welche der Stamm vielleicht vor Jahren erlitten hat, deren Folgeerscheinungen aber nicht sofort zu Tage getreten sind. Der

[1] Hofmeister, l. c., p. 234.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Stamm entwickelt sich normal weiter, die Gewebedifferenzierung erfolgt normal, die Disposition des Kambiums, anormale Gewebe zu erzeugen, ist aber vorhanden. Die anormale Tätigkeit des Kambiums schlummert und wird erst später durch irgend welche, nicht bekannte äußere Faktoren geweckt, so daß es erst lange Zeit nach erfolgter Verwundung zur Gummibildung kommen kann.

An hyperplastischen Geweben wird sehr häufig eine erhöhte Wachstumsintensität beobachtet. Als sichtbarer Ausdruck derselben kann die mit Gestaltsveränderungen verbundene Vergrößerung hyperplastischer Elemente gelten. Es ist daher nicht auffallend, wenn wir in dem anormalen Parenchym eine ähnliche Erscheinung beobachten. Fig. 20 stellt eine Gummiparenchymzelle dar, die durch das nach einer Richtung hin gesteigerte Wachstum eine ganz eigentümliche, flaschenförmige Gestalt angenommen hat. Ich habe solche deformierte Zellen sehr häufig beobachtet und ganz merkwürdige Formen wahrgenommen. Häufig lösen sich einzelne der den Gummiraum abschließenden Grenzzellen aus dem Gewebeverband ganz los; sie erscheinen dann isoliert in der Gummimasse. Solche freie Gummizellen können lange Zeit ihre Lebenstätigkeit bewahren, sie zeigen auch lebhafte Teilungsfähigkeit und bilden dann ganze, in der Gummimasse freiliegende Gewebskomplexe (Fig. 21). Ist die Zahl der losgelösten Zellen eine große, so erfüllen sie nicht selten, bei dem gesteigerten Wachstum sich gegenseitig berührend und das vorhandene weiche Gummi als scheinbare Interzellularsubstanz zwischen ihren äußeren Grenzen zusammenpressend, den ganzen Gummiraum. Diese losgelösten Zellen bilden nun entweder Gummi in der früher beschriebenen Weise; es treten die charakteristischen lokalen Verdickungen auf, die primären Membranen sind zellulosehaltig, oder ihr Protoplast erwacht wieder zu normaler Tätigkeit, er scheidet aus Zellulose bestehende Verdickungsschichten aus, welche von den für das Holzparenchym charakteristischen großen Porenkanälen durchsetzt sind. Man findet dann dickwandige, parenchymatische Zellen im Gummiraum, deren etwas gelblich gefärbte Membranen bei Untersuchung im Polarisationsmikroskop anisotrop erscheinen. Die Membranen färben sich

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

später mit Phloroglucin und Salzsäure, häufig auch bei alleinigem Zusatz von Salzsäure rot, sind also verholzt. Diese großen, dickwandigen Holzparenchymzellen können lange Zeit als solche unverändert bleiben, können aber auch der Zerstörung durch Gummibildung anheimfallen. In ihrem Inhalt findet sich in geringer Menge eine mit Alkohol körnig fällbare Substanz; die Hauptmenge des im Innern entstandenen Gummi rührt aber zweifellos von einer in den Verdickungsschichten vor sich gehenden Metamorphose her. Die Verdickungsschichten erscheinen dann auffallend stark lichtbrechend, gequollen, bei Zusatz von Alkohol kontrahiert. Untersucht man solche Membranen im polarisierten Lichte, so findet man, daß die vorher beobachtete Anisotropie verschwunden ist, die Verdickungsschichten erscheinen dunkel, während die primären Membranen wenigstens stellenweise noch deutlich hell aufleuchten. Es ist also eine Veränderung in den Verdickungsschichten eingetreten. Dann werden auch die äußeren Grenzschichten (primären Membranen) gelöst, das gebildete Gummi verquillt an der Oberfläche der Zelle und bildet hier einen schwach gelblich gefärbten Hof ohne äußere scharfe Kontur (Fig. 26). Diese verquellende Gummimasse färbt sich mit Phloroglucin und Salzsäure mehr oder weniger rot, während das übrige farblose Gummi in den kambialen Gummiräumen niemals, das später noch zu besprechende Rindengummi selten diese Reaktion gibt.[1]

In jüngeren Amygdaleenzweigen schreitet die Gummibildung nicht besonders weit vor. Es wird ja auch an jüngeren Zweigen Gummiaustritt selten beobachtet.[2] Die Gummiräume erweitern sich wohl in tangentialer Richtung durch Zerstörung der Markstrahlen, bleiben aber geschlossen. In einzelnen Fällen konnte ich wohl beobachten, daß das Kambium noch einen zweiten Kreis von Gummiparenchymnestern erzeugt, der durch eine tangential verlaufende Platte normalen Jungholzgewebes von dem inneren Kreis getrennt ist und in dem durch Anlage schizogener Interzellularen und Wiederholung der oben beschriebenen Vorgänge Gummibildung sich einstellt. Wigand

---

[1] Höhnel, l. c., p. 159.

[2] Frank, l. c., p. 29.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

erwähnt für die Gummibildung im Holze, daß zuweilen zwei, seltener drei Gummihöhlen hintereinander zwischen zwei Jahresgrenzen liegen und in der betreffenden Jahresschichte je ein bis drei konzentrisch sich über einen mehr oder weniger großen Teil des Umfanges erstreckende Reihen von Punkten bilden.[1] Eine Vereinigung dieser Gummiräume habe ich an jungen Zweigen nicht beobachtet, wohl aber an älteren, vier- bis fünfjährigen Ästen, wo eine solche Verschmelzung stellenweise eintritt, und die Gummibildung nach Zerstörung des Kambiums an diesen Stellen auf fertig gebildete Rindengewebe übergreift (Fig. 28). Ein Fortschreiten der Gummosis von diesen Räumen aus nach dem fertigen Holze hin findet nicht statt.

Bildung des Gummi in der Rinde. In der Rinde der von Gummosis befallenen Amygdaleenstämme finden sich in den Phloëmstrahlen zwischen je zwei Markstrahlen große, radial verlaufende, mit farblosem, mitunter auch gelbbraunem Gummi erfüllte Räume vor. Auch im Chlorophyll führenden Rindenparenchym, unmittelbar unterhalb der Peridermschichte, treten Gummi führende Räume auf, welche hier meistens tangentialen Verlauf besitzen. Eine Kommunikation dieser Rindenräume mit den kambialen Gummihöhlen läßt sich häufig, wenn auch nicht immer, feststellen. In jüngeren Zweigen (drei- bis vierjährig) kommen mit Gummi erfüllte Rindenräume seltener vor, doch sind gerade solche Zweige für die mikroskopische Beobachtung besonders geeignet, da ein Schneiden der Rindengewebe hier leichter ist, als dies bei der mehr oder weniger trockenen Rinde älterer Zweige und Stämme der Fall ist. Eine von mir öfters beobachtete Erscheinung sei an dieser Stelle erwähnt: die in den Rindenräumen auftretenden Gummimassen zeigen gegen Alkohol verschiedenes Verhalten; einmal wird deren Substanz unter Kontraktion körnig gefällt, so daß man bei Alkoholbehandlung in dem Raume eine zusammengeschrumpfte, körnige Masse findet; ein andermal unterbleibt die Körnchenfällung, es tritt nur Kontraktion ein, das zusammengeschrumpfte Gummi bleibt homogen.

[1] Wigand, l. c., p. 123.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Was die Entstehung der Gummiräume in der Rinde betrifft, konnte ich folgendes beobachten: Der Bildung von radialen Rissen und Spalten zwischen den verschiedenen Gewebeformen der Rinde (Markstrahlen, Phloëmparenchym, Hornprosenchym) kommt der strahlige Bau der Rinde sehr zu statten; ob nun durch äußere Einflüsse bedingt oder durch innere Ursachen, wie ungleichmäßiges Wachstum der einzelnen Gewebeformen hervorgerufen, immer bilden sich in der Rinde durch Auseinanderweichen nebeneinander liegender Gewebe radiale, spaltenförmige Räume. Grenzt ein Markstrahl an einen solchen Raum, so findet man, daß einzelne Markstrahlzellen nach dem Raume hin sich papillenartig vorwölben und in den Raum hineinwachsen, daselbst sich mehrfach teilen und ein dünnwandiges, parenchymatisches Gewebe bilden, das unter Umständen den ganzen Raum erfüllen kann (Fig. 24 *gp.*). Eine ähnliche Erscheinung als Folge von Verletzung eintretend, wurde von Molisch in den großen Luftgängen der Wurzelrinde von *Musa Ensete* sowie an Zweigstumpfen verschiedener *Selaginella*-Arten beobachtet.[1] Die Membranen dieser Parenchymzellen sind durchwegs dünnwandig und zellulosehaltig. Die Zellen führen einen deutlichen Plasmakörper, dem überall ein Zellkern und Stärkekörnchen eingelagert sind. Bei Behandlung mit Alkohol erscheinen diese Parenchymzellen dicht mit Körnchen erfüllt, die sich in Wasser wieder lösen (Fig. 25 *k*). Auch die Markstrahlzellen geben mit Alkohol mehr oder minder deutliche Körnchenfällung. Da ich nun an anderen Stellen die radialen Räume von einer homogenen Gummimasse erfüllt sehe, so muß ich annehmen, daß letztere aus den im Raume früher vorhandenen Parenchymzellen entstanden ist, und zwar in der Weise, daß die in der Zelle befindliche Gummilösung verflüssigend auf die Membran gewirkt hat, so daß schließlich der ganze Gewebskomplex zu einer Gummimasse geworden ist. Besonders lehrreich ist der in Fig. 25 wiedergegebene Gummiraum. Das Bild zeigt den oberen Teil eines solchen Raumes nach Behandlung mit Alkohol. Während bei Beobachtung des Schnittes in Wasser

[1] Molisch, l. c., p. 30.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

die den Raum erfüllende Gummimasse homogen erschien, und nur an einzelnen Stellen (bei *pr*) die primären Membranen sichtbar waren, ließ sich nach längerem Liegen in Alkohol die Gewebsstruktur noch ganz deutlich erkennen. Die einzelnen Zellen treten scharf hervor mit einer scheinbar stark verdickten, geschichteten Membran (*g*) und einem körnigen Inhalt (*k*). Ich hatte zu selbem Präparat während der Beobachtung Wasser zufließen lassen. Bei allmählicher Einwirkung desselben wurde zunächst die periphere, geschichtete Masse homogen und quoll auf; dann trat Lösung der Körnchen ein, und schließlich war ein Unterschied zwischen den beiden früher differenten Teilen nicht mehr zu erkennen: Die Zelle war mit farblosem, ganz homogenem Gummi erfüllt. In Fig. 25 sind zwei mit farblosem Parenchym erfüllte Räume nach Behandlung mit Alkohol dargestellt: Der eine beiderseits von Hornprosenchym begrenzte Raum zeigt deutliche Körnchenfällung im Inhalte der Parenchymzellen, im anderen sieht man keine Fällung, doch eine andere, bemerkenswerte Veränderung: Das Präparat wurde vor der Alkoholbehandlung im Wasser liegend beobachtet, da erschien der zwischen den Zellen *a*, *b*, *c*, *d* liegende Interzellularraum von einer farblosen, homogenen Gummimasse erfüllt, die vollständig den Eindruck einer Interzellularsubstanz hervorrief. Nach längerem Liegen in Alkohol fand ich im Interzellularraum eine konzentrisch geschichtete, scharf abgegrenzte Gummimasse, die das Aussehen einer quer durchschnittenen, vollständig verdickten Sklerenchymfaser darbot (Fig. 25 *g*). Endlich sei noch auf Fig. 27 hingewiesen. Die Zeichnung ist wieder einem in Alkohol liegenden Querschnitte durch eine Rindenpartie entnommen. Man sieht hier den ganzen, radial verlaufenden Gummiraum, der auf der einen Seite von einem Markstrahl, auf der anderen Seite von parenchymatischen Phloëmelementen begrenzt ist. Drei untere Zellen des Markstrahles enthalten je einen Kristall von oxalsaurem Kalk. In der Mitte ist die Gummimasse körnig, auf der Markstrahlseite liegt ein kontrahierter homogener Gummistreifen (*g*). Die Phloëmelemente sind papillenartig gegen den Gummiraum gewölbt und tragen hier ganz deutlich die in den kambialen Gummiparenchymzellen beschriebenen Kappen (*gk*). Bei Zufließen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

von Wasser wurde der Raum breiter und die ganze Gummimasse unter Quellung homogen. Der seitliche Gummistreifen verschmolz mit der inneren Substanz, die Kappen der an der anderen Seite liegenden Zellen wurden in tangentialer Richtung höher; ihre Substanz quoll gleichfalls, doch war deren Volumsvergrößerung, da sie wegen der noch erhaltenen primären Membran im beschränkten Raume stattfand, geringer, als bei der gegenüberliegenden Gummimasse.

Beim Vergleiche der in den Rindengummiräumen bisher beobachteten Vorgänge mit jenen, die in der kambialen Zone zur Gummibildung führen, ergibt sich, daß in der Rinde die Gummibildung mit analogen Prozessen beginnt. Wir finden auch hier ein Gewebe, das aus dünnwandigen, protoplasmahaltigen Parenchymzellen besteht und wasserlösliches Gummi erzeugt. Es können also auch diese Elemente als Gummiparenchymzellen bezeichnet werden. Dieses Gewebe geht aus den Rindenmarkstrahlen hervor, indem der vom Kambium ausgehende, in das Rindengewebe sich fortpflanzende Wundreiz die Markstrahlzellen veranlaßt, eine abnormale, erhöhte Lebenstätigkeit zu entwickeln, die sich einerseits durch vermehrtes Wachstum und wieder eintretende Teilungsfähigkeit, andrerseits durch das Vermögen kundgibt, das vorhandene und zugeführte, plastische Material in Gummi umzuwandeln. Solange die Markstrahlen diese erhöhte Lebenstätigkeit bewahren, sind sie auch imstande, neues Gummiparenchym zu erzeugen, in welchem die Gummibildungsprozesse sich so lange wiederholen werden, bis mit dem Absterben der Markstrahlenzellen dem Vorgange ein Ende gesetzt ist. Die Entstehung des Gummi erfolgt hier genau so wie in den kambialen Gummizellen: Vom Plasma wird eine Gummilösung ausgeschieden, das lösliche Gummi in der Zelle von außen nach innen in in Wasser unlösliches umgewandelt, wobei aber immer noch ein Rest von löslicher Substanz zurückbleibt, der beim Absterben der Zelle sich mit der nicht löslichen, aber gequollenen Gummimasse mengt. Ist der Raum mit Gummi vollständig ausgefüllt, so können die angrenzenden Markstrahlzellen neuerdings zu Gummizellen werden, deutliche Gummikappen an der Außenseite bilden und auf diese Weise die gummibildende Tätigkeit

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

fortsetzen; oder einzelne Markstrahlzellen wachsen in die weiche Gummimasse hinein, teilen sich und bilden nicht selten verzweigte Zellfäden, die allseitig von Gummi umgeben sind. Wigand hat bereits diese isolierten Zellfäden beobachtet und sie richtigerweise mit Gummibildung in Beziehung gebracht, indem nach seiner Angabe die in den Fäden enthaltene Stärke verschwindet, dann lösliches Gummi auftritt und schließlich die Membran gelöst wird.[1] Sorauer, nach dessen Angabe die Anfänge der Gummibildung häufiger in der Rinde als im Holze zu treffen sind, beschreibt die von den Markstrahlen ausgehenden Zellfäden als durch »Wasserreichtum in Verbindung mit reichlich vorhandenem, plastischem Material verursachte Neubildungen, die in die Gummidruse hineinwachsen«.[2] Von Wigand wird für diese Zellfäden noch angegeben, daß sie neben Stärke auch Öl enthalten, das ebenfalls an der Gummibildung Anteil nimmt. Ich konnte Öl nicht beobachten, wohl aber dieselben stark lichtbrechenden Körper, die auch in den kambialen Gummizellen vor der Gummibildung auftreten, und deren Substanz ich als ein aus Gerbstoff und Phloroglucin bestehendes Gemenge bezeichnet habe.

Wigand gibt an, daß die Hauptmasse des Rindengummis von dem Hornprosenchym geliefert wird; aus seiner Darstellung geht hervor, daß er die Gummibildung in der Rinde als gerade von dem Hornprosenchym ausgehend betrachtet.[3] Dieser Ansicht kann ich mich nicht anschließen. Die Gummibildung in der Rinde geht von einem parenchymatischen Gewebe aus, das aus den Grenzzellen der Markstrahlen entsteht und die zwischen den einzelnen Geweben der Rinde auftretenden radialen Räume erfüllt. Ich habe in den ersten Stadien der Gummibildung in jüngeren Ästen überall unveränderte Hornprosenchymstränge aufgefunden; auch in alten Stämmen, deren Rinde reich an Gummi war, traf ich nicht selten Hornprosenchym; nur bei hochgradiger Gummosis, wenn das ganze Gewebe der Zerstörung anheimgefallen ist, wird auch das Hornprosenchym in den Prozeß miteinbezogen, indem die dickwandigen Mem-

[1] Wigand, l. c., p. 132.

[2] Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, I. Aufl., p. 876.

[3] Wigand, l. c., p. 130; siehe auch Möller, l. c., p. 229.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

branen sich unter dem Einflusse des bereits gebildeten Gummi in solches umwandeln. Die Umwandlung des Hornprosenchyms in Gummi beginnt in der an den Gummiraum grenzenden Partie und schreitet von da aus nach der Mitte des Stranges zu weiter. Die Membranen des Hornprosenchyms bestehen aus Zellulose, mitunter sind sie auch verholzt; im ersteren Falle widerstehen sie der Gummosis weniger als im letzteren. Wenn verholztes Hornprosenchym in Gummi sich umwandelt (der seltenere Fall), so gibt das den Rindenraum erfüllende Gummi stets Ligninreaktion. Noch weise ich darauf hin, daß, während das in den ersten Entwicklungsstadien der Gummibildung in der Rinde auftretende Gummi stets farblos erscheint, dasselbe später, wenn an dessen Bildung auch die Membranen fertiger Gewebe Anteil genommen haben, gelb bis gelbbraun gefärbt ist.

Wigand spricht an mehreren Stellen seiner grundlegenden Abhandlung von einem Steinparenchym, das sowohl im Holze als in der Rinde auftretend, durch Verflüssigung der Zellwände das Material zur Gummibildung teilweise liefert. Dieses in der Rinde vorkommende Steinparenchym soll nach Wigand durch Umwandlung entweder eines Baststrahles oder eines Markstrahles entstanden sein.[1] Ein solches dickwandiges Parenchym konnte ich im Rindengewebe nicht auffinden, wohl aber dickwandige, faserförmige Elemente, die nicht selten verzweigt sind und verschieden orientiert, mit ihren Ästen sich gewissermaßen zwischen die dünnwandigen Rindenelemente, ja selbst auch zwischen die Markstrahlzellen hineinschieben. Die Membranen dieser faserförmigen Zellen sind immer verholzt. Werden nun diese Zellen von einer Gummimasse von außen berührt, so verfallen sie der Zerstörung, indem die sekundären, verholzten Membranen sich in anfangs farbloses, bald aber bräunendes Gummi umwandeln und schließlich die primären Membranen gelöst werden. Dieses durch Membranmetamorphose entstandene Gummi zeigt bei Einwirkung von Alkohol niemals körnige Fällungen, es zieht sich wohl in Alkohol zusammen, bleibt aber homogen. In Kalilauge, Chloralhydrat quillt es bedeutend, in Kalkwasser tritt Quellung und später Lösung ein.

---

[1] Wigand, l. c., p. 137.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Dem angeführten Verhalten nach zu schließen, scheint dieses Gummi mit der in Wasser unlöslichen Modifikation, also mit Cerasin identisch zu sein. Da das in der lebenden Rinde vorkommende Gummi sich stets im Zustande hoher Quellung befindet, so ist eine innige Vereinigung des Membrangummi mit dem schon vorhandenen, dem Inhalte der Gummizellen entstammenden Gummi möglich, so daß der Raum von einer ganz homogenen Gummimasse erfüllt erscheint. Begreiflicherweise wird ein Rindengummi, an dessen Bildung auch verholzte Membranen teilgenommen haben, Ligninreaktion geben.

Die oben erwähnten Sklerenchymfasern finden sich auch im Chlorophyll führenden Rindenparenchym vor und verlaufen dort meistens tangential. Bei weit vorgeschrittener Gummosis findet auch in den sekundären Membranen dieser Sklerenchymfasern eine Umwandlung der Membransubstanz in Gummi statt. Die Gummibildung ergreift dann bisweilen auch die angrenzenden Rindenparenchymzellen, die nicht selten papillenartig in den durch Verflüssigung der Sklerenchymfasern gebildeten Gummiraum hineinwachsen, und sich an der Gummibildung durch Metamorphose ihrer sekundären Membranen beteiligen. Es entstehen dann die oben erwähnten tangential verlaufenden Rindengummiräume, die außen an die Peridermschichten, innen an intaktes Rindenparenchymgewebe oder bei vollständiger Zerstörung des letzteren an einen radial verlaufenden Gummiraum grenzen, in welchem Falle eine Vereinigung beider Räume erfolgt. Das häutige Periderm ist an solchen Stellen stets nach außen gewölbt, widersteht häufig nicht dem Drucke der unter ihm angesammelten Gummimasse und reißt, was dann den Austritt des Gummis an die Außenfläche des Astes zur Folge hat.

Bei weitgehender Gummosis können also alle Rindengewebe zur Gummibildung herangezogen werden mit Ausnahme des Periderms. Verkorkten Membranen geht die Fähigkeit, Gummi zu bilden, vollständig ab, eine Tatsache, die bereits Wigand hervorgehoben hat.[1]

Nach Wigand erscheinen sehr häufig Gummidrusen in der Rinde, wenn gewisse Partien des Rindengewebes durch

[1] Wigand, l. c., p. 133.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ein Periderm aus dem lebenden Verband abgeschnitten werden.[1] Diese Beobachtung kann ich bestätigen; doch während Wigand annimmt, daß mit dem Auftreten des Periderms die Neigung zur Gummibildung in dem zur Borke umgewandelten Gewebe zunimmt, muß ich, meinen Beobachtungen entsprechend, gerade das Gegenteil annehmen. Gummibildung in einer durch Periderm von den inneren Geweben abgeschlossenen Gewebsmasse tritt niemals ein. Ist Gummi hier vorhanden, so ist es schon vor Auftreten des Periderms entstanden. Ja, ich führe eine öfter gemachte Beobachtung an, aus der zu schließen ist, daß die Rindengewebe sich durch Peridermbildung in gewissem Sinne vor Gummibildung schützen. In der Rinde aller Amygdaleen finden sich größere und kleinere Gruppen von Bastzellen in tangentialen Reihen angeordnet. In diesen Bastzellen findet selten Gummibildung statt. Wenn alle anderen Gewebe der Rinde durch Gummibildung zerstört sind, so bleiben die Bastbündel noch ganz erhalten. Der Grund davon mag darin liegen, daß die die Bastbündel unmittelbar umgebenden, dünnwandigen Zellen sich wieder zu teilen beginnen und ein Gewebe bilden, dessen Elemente platt gedrückt, in Reihen hintereinander stehen. Die Membranen dieser Zellen verkorken; das ganze Bastbündel erscheint von einem Korkmantel umgeben (Fig. 22). Daß die Membranen verkorkt sind, geht aus ihrem Verhalten zu konzentrierter Schwefelsäure, aus ihrer Gelbfärbung und dem Auftreten einer Körnelung mit heißer konzentrierter Kalilauge,[2] sowie aus ihrer Färbung mit Alkanna[3] hervor. Auch die aus den Markstrahlen hervorgegangenen Gummiparenchymzellen bilden nicht selten in Reihen hintereinanderliegende Teilungswände, welche die oben angeführten Reaktionen geben (Fig. 23). In einem solchen, mit verkorkten Membranen versehenen Parenchym konnte niemals weitere Gummibildung beobachtet werden.

---

[1] Wigand, l. c., p. 132.

[2] Höhnel, Über den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Diese Sitzber., 1877, p. 17.

[3] Zimmermann, Mikrochem. Reaktionen von Kork und Cuticula. Zeitsch. wissensch. Mikroskopie, IX, p. 64.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die normalen Rindengewebe aller Amygdaleen enthalten in ihren parenchymatischen Elementen sehr häufig große Kalkoxalatkristalle; in gummibildenden Rinden hingegen lassen sich nur vereinzelte Kristalle, in der Regel gar keine auffinden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß das Verschwinden des Kalkoxalats in einer Beziehung zur Gummibildung steht; finden wir ja in den natürlichen Gummiarten die eigentlichen Gummisubstanzen (Arabin, Cerasin) nicht als solche, sondern verbunden mit Kalk, Kali etc. vor.[1]

Wie aus den oben mitgeteilten Beobachtungen zu ersehen ist, entsteht auch das Rindengummi seiner Hauptmasse nach im Inhalte gewisser Elemente und nur bei vorgeschrittenem Prozesse nehmen auch die Membranen bei der Gummibildung Anteil. Daß in den Elementen der Rinde Gummi oder gummiähnliche Substanzen auftreten, wurde schon mehrfach beobachtet.

Wigand führt an, daß die aus den Rindenmarkstrahlen hervorwachsenden, perlschnurartige Fäden bildenden Zellen Stärke und Öl enthalten, welche beide Stoffe an der Gummibildung beteiligt sind.[2] Auch Frank spricht wiederholt von einer Umwandlung des Stärkemehles in Gummi in den den unveränderten Zellen der Holzparenchymstränge angrenzenden Markstrahlen des Holzes und der Rinde.[3] G. Kraus schließt aus seinen an *Acacia melanoxylon* gemachten Wahrnehmungen, daß das Gummi aus dem Zellinhalte der Bastschichte, und zwar augenfällig aus den weiten Siebröhren stammt.[4] Wilhelm gibt an, daß in den Siebröhren der Cucurbitaceen oft schleimige Stoffe aus dem Wandbeleg ausgeschieden werden, die stellenweise zusammenfließen, oft mehrere voneinander getrennte Ringzonen, seltener eine kontinuierliche Auskleidung des Hüllschlauches bilden.[5] Die zuletzt erwähnten

[1] Kohl. Zur Kalkoxalatbildung in der Pflanze. Bot. Zentrabll. 1889, XXXVII, p. 475, und Kohl, Anatomisch-physiol. Untersuch. der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg, 1889.

[2] Wigand, l. c., p. 132.

[3] Frank, Vegetab. Schleime, p. 28.

[4] G. Kraus, l. c., p. 20.

[5] Wilhelm, Beiträge zur Kenntnis des Siebröhrenapparates der Pflanzen, 1880, p. 16.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Vorkommnisse von Gummi, beziehungsweise gummiähnlichen Stoffe im Inhalte lebender Zellen beziehen sich auf Bildungen, die durch die normale Lebenstätigkeit der betreffenden Elemente entstanden sind; die Entstehung des Kirschgummi ist jedoch durch einen krankhaften Zustand, in welchen die Gewebe durch äußeren Einfluß versetzt werden, bedingt. Dieser Zustand äußert sich aber nicht nur darin, daß bestimmte Bestandteile (Membranen) vorhandener Zellen durch Umwandlung ihrer Substanz in Gummi übergeführt werden, sondern er kommt vor allem andern dadurch zum Ausdrucke, daß gewisse Gewebe (Kambium, Bastmarkstrahlen) zu erhöhter Lebenstätigkeit veranlaßt werden, welche die Erzeugung eines besonderen Gewebes (Gummiparenchym) zur Folge hat. In diesem letzteren Gewebe findet eine Überproduktion von Stoffen statt, die von der Pflanze nicht weiter verwertet werden können. In diesem Sinne schließe ich mich der von Möller ausgesprochenen Ansicht an, derzufolge »Gummi zu den physiologischen Pflanzenstoffen gehört, welche bei gewissen krankhaften Prozessen im Übermaße gebildet werden, etwa den Lymphkörperchen vergleichbar, die ja auch normal im Blute vorkommen, aber bei Entzündung massenhaft im Eiter auftreten«.[1] Das Kirschgummi ist ein pathologisches Produkt, das seine Entstehung der anormalen Lebenstätigkeit gewisser Elemente verdankt, wobei wir, wie bereits Frank es ausgesprochen hat,[2] nicht nur eine Umwandlung der Zellmembranen in Gummi, sondern auch eine gleichzeitige Assimilation neuen Gummis aus dem Nahrungssafte anzunehmen haben.

Das Material, das der Pflanze zur Gummibildung dient, werden wohl in erster Linie Stärke und Zellulose, also sogenannte Hexosane liefern. Die charakteristischen Gummistoffe (Arabin, Cerasin) sind als Pentosane erkannt. Wie, d. h. durch welche Vorgänge in der Pflanze die Umwandlung der Hexosane in Pentosane erfolgt, darüber lassen sich heute keine sicheren Angaben machen, sondern nur Vermutungen aussprechen. Tollens hält es für wahrscheinlich, daß die Pentosen, deren

---

[1] Möller, Lehrbuch der Pharmakognosie, 1884, p. 367.

[2] Frank, l. c., p. 32.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Muttersubstanzen die Pentosane sind, aus vorgebildeten Hexosen durch Oxydation entstehen und verweist auf das Vorkommen größerer Mengen dieser Körper in älteren Pflanzenteilen, speziell den verholzten Zellen sowie in veränderten Produkten, wie in den Gummiarten.[1]

Dieser von Tollens ausgesprochene Gedanke gewinnt durch die Untersuchungen von O. Ruff, denen zufolge es gelungen ist, aus Glucose, respektive der Gluconsäure einen in seinen charakteristischen Eigenschaften mit Arabinose übereinstimmenden Körper durch Oxydation zu erhalten, an Sicherheit.[2]

Nun findet in Wundgeweben als Reaktion auf die Verletzung eine erhöhte Atmungstätigkeit statt[3] und es wäre daher immerhin möglich, daß auch bei der Gummibildung, die in der Pflanze durch Verletzungen hervorgerufen wird und sich vorzugsweise in anormalen Geweben abspielt, die erhöhte Oxydation eine Umwandlung der vorhandenen Hexosen und Pentosen (Arabinose) bewirkt, aus welchen Pentosen dann durch einen Dehydrokondensationsprozeß Pentosane (Arabin, Cerasin) entstehen könnten.[4]

Gummibildung im Holze.[5] Das Kambium kann außerhalb der Gummiparenchymkomplexe vor oder nach Ausbildung der Gummi erfüllten Räume normales Holzgewebe produzieren, die Gummiräume werden dann vollständig von letzteren umgeben und bleiben im Holze eingeschlossen. Die Gummiparenchymzellen wandeln sich dann immer in Holzparenchym um und sistieren ihre gummibildende Tätigkeit zeitlebens oder nur zeitweilig. Im letzteren Falle kommt es zur

---

[1] Tollens, l. c., p. 60.

[2] O. Ruff, Über die Verwandlung der *d*-Gluconsäure in *d*-Arabinose. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch., 1898, II, p. 1573.

[3] Pfeffer, Physiologie, I, p. 576.

[4] s. Grüß, Über Lösung und Bildung der aus Hemizellulosen bestehenden Zellwände und ihre Beziehung zur Gummosis. Biblioth. bot., Heft 39, p. 1.

[5] Von dem in den Gefäßen vorkommenden Wundgummi sowie von dem als Bestandteil der verholzten Zellwand erkannten Holzgummi (Xylan) ist in folgenden Bemerkungen nicht die Rede.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Bildung von Gummiräumen im Holze, deren Produkte aber im Holze verbleiben. Unter den vielen Hunderten von Präparaten, die ich untersuchte, konnte ich nur in einem einzigen Falle den Austritt des in einem Holzgummiraum gebildeten Gummi nach der Rinde beobachten. In diesem Falle wurde allerdings das normale Holzgewebe, das zwischen Gummi und Rinde lag, von Gummosis ergriffen. Das im Holze aus dem zu Holzparenchym umgewandelten Gummiparenchym entstandene Gummi zeigt immer Ligninreaktion.

Die verschiedenartigen Fälle, welche Wigand sub 2*a*, 2*b*, 2*c*, 2*d* beschreibt, l. c., p. 122 bis 126, lassen sich auf den zuletzt erwähnten Vorgang zurückführen; ebenso die von Frank beschriebene Gummibildung unter Resorption eines in abnormer Menge erzeugten Holzparenchyms, l. c., p. 26 bis 27. Beide Forscher lassen die Gummibildung von der Interzellularsubstanz und der primären Membran aus beginnen, so daß die Zellen in Gummi eingebettet erscheinen; dann erst soll die sekundäre Membran aufgelöst werden. Meine Beobachtungen zeigten mir, daß die Gummibildung hier in derselben Weise vor sich geht, wie auf Seite 939 und 940 beschrieben wurde. Es findet eine Wanderung von Stärke nach diesem Holzparenchym statt,[1] die aus den Zellen verschwindet und lösliches Gummi liefert.

Die Hauptmasse dieses Gummi stammt jedoch von den umgewandelten sekundären Membranen, welche die oben dargestellten Veränderungen durchmachen.

Alle meine Beobachtungen sowie viele der mir bekannt gewordenen Erfahrungen der Obstbaumzüchter befestigten in mir die Überzeugung, daß die von Frank ausgesprochene Ansicht, der Gummifluß werde in erster Linie durch Verwundungen, die in der Nähe der Wunde auf die Kambiumschichte und auf die Rinde einen Reiz ausüben, veranlaßt, die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat.[2] Ich bin mir wohl bewußt

---

[1] Wigand, l. c., p. 126; Frank, l. c., p. 28.

[2] Frank, Pflanzenkrankheiten, p. 55.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

daß mit der Annahme eines Wundreizes die in der Zelle wirksamen Faktoren, welche zur Gummibildung führen, keineswegs näher aufgeklärt sind. Man hat die Unzulänglichkeit dieses Begriffes schon früher erkannt und versucht, die Ursachen des Gummiflusses in andern Momenten zu finden.[1] So hatte Oudemans die Gummosis als eine durch den Pilz: *Coryneum Beyerinckii* Oudemans verursachte Krankheit aufgefaßt[2] und diese Ansicht wurde von Beyerinck experimentell zu stützen gesucht.[3] Die von Oudemans und Beyerinck aus ihren Beobachtungen gezogenen Schlußfolgerungen wurden von Frank entkräftet, indem dieser Forscher darauf hinwies, daß es auch die vom Pilze dem Gewebe beigebrachte Wunde sein könne, welche zur Gummibildung führt, ohne daß der Pilz selbst für den Prozeß eine Bedeutung hat, und auch Aderhold, dem wir die letzten eingehenden Untersuchungen über diesen Gegenstand verdanken, hat wohl gewisse Beziehungen zwischen einem Pilz *(Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. = *Coryneum Beyerinckii* Oud.) und dem Gummiflusse konstatieren können, ohne aber den Schlußfolgerungen Beyerinck's in ihrer Allgemeinheit zuzustimmen.[4]

Einen ganz neuen Gedanken in dieser Streitfrage sprach Wiesner aus. Durch die Untersuchungen dieses Forschers wurde in verschiedenen Gummiarten, darunter auch dem Kirschgummi, ein Ferment nachgewiesen, das in die Kategorie der diastatischen Enzyme gehört, von diesen sich aber dadurch

---

[1] Bei anderen Gummiarten, so z. B. bei der Rebe, wurden Bakterien als die Ursache der Gummibildung bezeichnet und diese Erscheinung als Gommose bacillaire von Prillieux beschrieben. Prillieux' Angaben wurden später von Ráthay widerlegt. (Ráthay: Über das Auftreten von Gummi in der Rebe und über die Gommose bacillaire. Jahresber. d. k. k. önolog. u. pomolog. Lehranstalt in Klosterneuburg. 1896.)

[2] Oudemans, Zwei neue schädliche Pilze: *Coryneum Beyerinckii* n. sp. u. *Discella Ulmi* n. sp., Hedwigia, 1883, Nr. 8.

[3] Beyerinck, Onderzoekingen over de besmetteligkheid der gomziekte bij Planten. Amsterdam, 1884.

[4] Aderhold, Über *Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. u. Beziehungen desselben zum Gummifluß des Steinobstes. Arbeiten a. d. biol. Abt. f. Land- u. Forstwirtsch. am kais. Gesundheitsamte. II., 5, 1902.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

unterscheidet, daß es Stärke in Dextrin, nicht aber in eine reduzierende Zuckerart umwandelt; dieses Ferment bedingt nach Wiesner die Umwandlung der Zellulose in Gummi (oder Schleim).[1] Gegen Wiesner's Behauptungen wandte sich mit Entschiedenheit Reinitzer, der wohl die Existenz eines Ferments in den Gummiarten zugeben mußte, doch auf Grund seiner Untersuchungen leugnete, daß dieses Ferment der Urheber der Gummibildung sei.[2] Reinitzer spricht sich dahin aus, »es berechtige uns gegenwärtig nichts zur Annahme, daß die Gummi- und Schleimarten im Pflanzenreiche durch ein Ferment gebildet werden; es seien die sich hierauf beziehenden, von Wiesner aufgestellten Sätze wieder aus der Pflanzenphysiologie zu streichen« (l. c., p. 469). Wenn nun auch zugegeben werden muß, daß die spezifische Wirkung des in Gummi zweifellos vorhandenen Ferments bisher nicht einwandfrei nachgewiesen wurde,[3] so können Wiesner's Behauptungen aber nach den heutigen Kenntnissen, die wir über das Vorkommen und die Wirkungen der Fermente besitzen, nicht zurückgewiesen werden.

Pfeffer, obwohl auf dem Standpunkte stehend, daß die Existenz eines Gummiferments nicht erwiesen ist, hält jedoch die Beteiligung der Enzyme bei der retrograden Metamorphose der Zellwand für wahrscheinlich[4] und Grüß kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schlusse, daß die Hemizellulosen Galactan und Araban, die in den sekundären Verdickungsschichten der Libriform- und Holzparenchymzellen auftreten, durch Enzyme in die Gummiarten Arabin und Galactin übergeführt werden können.[5] Aderhold kann sich die merkwürdige Tätigkeit des *Coryneum* bei der Gummibildung nicht anders erklären als durch die Annahme, daß von dem Pilze

---

[1] Wiesner, Über das Gummiferment. Sitzungsber. d. k. k. Akademie d. Wissensch., 1885.

[2] Reinitzer, Über die wahre Natur des Gummifermentes. Zeitschr. f. physiolog. Chemie, XIV, 5.

[3] Green-Windisch, Die Enzyme. 1901, p. 399.

[4] Pfeffer, Pflanzenphysiologie. I, p. 477.

[5] Grüß, l. c., p. 13.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ein Ferment abgeschieden wird, das im Kambium sich ausbreitet und dieses zu abnormer Tätigkeit veranlaßt.[1]

Wie nun nach den Versuchen Aderhold's, welche in jeder Hinsicht als beweiskräftig anzusehen sind, ein Pilz es ist, von dem angenommen werden kann, daß er den wirksamen Faktor für die Gummibildung hervorbringt, so ist auch die Annahme erlaubt, daß ein durch die Verwundung allein hervorgerufener Wundreiz es ist, der die Erzeugung dieses Faktors bedingt. Daß nun letzterer ein Enzym ist oder vielleicht ein Gemenge mehrerer Enzyme, von denen jedes einzelne einen gewissen Anteil an der Bildung jenes Stoffgemenges, das wir Kirschgummi nennen, hat, das ist in Berücksichtigung des Umstandes, daß von Wiesner in Kirschgummi ein auf Stärke wirkendes Ferment tatsächlich aufgefunden wurde sowie daß die Gummibildung bei den Amygdaleen von einem erhöhte Lebenstätigkeit zeigenden Gewebe ausgeht, das in seiner lebenden Substanz das Ferment bilden kann, immerhin möglich und es gewinen die von Wiesner in die Pflanzenphysiologie eingeführten Sätze an großer Wahrscheinlichkeit. Der strenge Nachweis der Gummifermente bleibt aber den für das Studium dieser Frage berufenen Chemikern vorbehalten.

Ich fasse die Resultate der vorliegenden Untersuchungen in folgende Sätze zusammen:

1. Kirschgummi ist ein pathologisches Produkt.

2. Der zur Gummibildung führende krankhafte Zustand ist die Folge von Verwundungen, durch welche das Kambium direkt affiziert wird. Der Ausgangspunkt der Gummibildung ist immer kambiales Gewebe.

3. Das Kambium erzeugt infolge des Wundeinflusses in der Jungholzregion statt normaler Holzelemente nestförmig angeordnete, dünnwandige Parenchymzellen (Gummiparenchym). Nach diesem anormalen Gewebe findet ein lebhafter Zug von assimilierten Stoffen statt, welche nicht zur normalen Wandverdickung, sondern zur Gummibildung verwendet werden.

---

[1] Aderhold, l. c., p. 557.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

4. Das Gummi entsteht in der lebenden Substanz der Gummiparenchymzellen, wird von dem Plasma als Lösung zwischen Hautschichte und primärer Membran ausgeschieden und hier unter dem Einflusse des Plasmas zum Teil in Wasser unlösliches, aber darin quellendes Gummi umgewandelt. Der Prozeß geht in der Zelle zentripetal vor sich. Die primären Membranen bleiben lange erhalten und werden erst später gelöst.

5. In den Gummiparenchymzellen treten vor der Gummibildung Gerbstoff-Phloroglucinkörper auf, die später wieder verschwinden.

6. Die Gummiparenchymzellen einer Gruppe vergummen einzeln; es findet sich dann nach Auflösung der primären Membran an Stelle der Zelle ein mit Gummi erfüllter, lysigener Raum vor; dies der seltenere Fall. Häufiger entstehen in einer Parenchymgruppe schizogene Interzellularen; in den den Interzellularraum begrenzenden Zellen geht die Gummibildung einseitig, und zwar an der dem Interzellularraum anliegenden Seite vor sich. Dort kommt es zu kappenförmigen Bildungen, die in den ersten Entwicklungszuständen stets durch die primäre Membran vom Interzellularraum getrennt sind. Nach Lösung der primären Membran treten die gequollenen Gummimassen in den Interzellularraum und erfüllen denselben als farblose, homogene Masse mehr oder weniger vollständig. Man ist also berechtigt, hier von schizo-lysigenen Gummiräumen zu sprechen, einer Bezeichnung, die von Tschirch für gewisse Harzräume vorgeschlagen wurde.

7. Das Kambium erzeugt bei weiterer Tätigkeit neues Gummiparenchym, in welchem sich die in Punkt 4, 5, 6 angegebenen Vorgänge wiederholen, wodurch eine Erweiterung der vorhandenen Räume stattfindet und beträchtliche Gummimassen in letzteren angesammelt werden.

8. Die kambialen Gummiräume werden bei fortschreitender Gummosis auch noch dadurch erweitert, daß die angrenzenden Markstrahlen in den Umwandlungsprozeß mit einbezogen werden, in der Weise, daß die vorhandene Stärke und die bereits verdickten, bisher normalen Membranen in Gummi umgewandelt werden.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Das durch die Membranmetamorphose erzeugte Gummi entspricht stets dem in Wasser unlöslichen Anteil des Kirschgummi, während das im Inhalte der Zellen entstandene Wasser lösliches Gummi ist, das sich wohl innerhalb der Zelle in die unlösliche Modifikation umwandeln kann.

9. Erzeugt das Kambium außerhalb der angelegten Gummiräume normales Holzgewebe, so schließt dieses erstere ein; die Gummiparenchymzellen werden zu Holzparenchymzellen mit verdickten und verholzten Membranen, die früher oder später der Gummiumwandlung verfallen können. Das hier erzeugte Gummi gibt immer Ligninreaktion und bleibt im Holzkörper eingeschlossen.

10. Der in den kambialen Parenchymnestern beginnende Gummibildungsprozeß setzt sich, vorzugsweise in älteren Zweigen, auch nach der Rinde hin fort. Dort bildet sich von den Rindenmarkstrahlen aus ein dünnwandiges anormales Parenchym, das die sich zwischen den einzelnen Gewebeformen bildenden, meist radial gerichteten Spalten vollkommen ausfüllt. In diesem Markstrahlparenchym wird gleich wie in dem kambialen Parenchym lösliches Gummi gebildet und die dünnwandigen Membranen werden schließlich gelöst. Dieses Gummi gibt so wie das in den kambialen Räumen vorkommende niemals Ligninreaktion. Der Prozeß verläuft in der Rinde stets sehr rasch und ergreift endlich auch die vorhandenen Dauergewebe: Markstrahlen, Hornprosenchym.

11. Die Gummibildung beginnt in der Membran stets in den Verdickungsschichten, schreitet von hier nach außen hin fort; zuletzt werden die primären Membranen gelöst.

12. Die in der normalen Rinde zahlreich auftretenden Kalkoxalat-Kristalle lassen sich in einer von Gummibildung ergriffenen Rinde spärlich oder gar nicht nachweisen.

13. Die zwischen den normalen Rindenelementen einzeln auftretenden Sklerenchymfasern werden bei weit vorgeschrittener Gummosis auch von dem Prozesse ergriffen; es bilden sich dann im normalen Dauergewebe Gummilücken, die durch Übergreifen der Gummibildung nach den begrenzenden Elementen und Zerstörung derselben vergrößert werden.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

14. Die verkorkte Membran vergummt nicht, daher ist dort, wo eine Peridermschichte angelegt wird, dem Weiterschreiten der Gummibildung im Gewebe eine Grenze gesetzt.

15. Wenn auch eine Mitwirkung von Fermenten bei der Gummibildung heute nicht bestimmt nachgewiesen werden kann, so ist eine solche doch sehr wahrscheinlich und es gewinnen die von Wiesner über das von ihm entdeckte Gummiferment aufgestellten Behauptungen erhöhte Bedeutung.

16. Die auffallend großen Mengen von Kirschgummi finden ihre Erklärung darin, daß bei den Amygdaleen infolge von Verwundungen teils vom Kambium, teils von den lebenden Rindenmarkstrahlen anormale parenchymatische Gewebe ihre Entstehung nehmen, durch deren Lebenstätigkeit immer neue Gummimengen produziert werden. Bei vorgeschrittenem Prozesse werden wohl auch die Membranen vorhandener Gewebe in Gummi umgewandelt; hier beginnt aber die Gummibildung niemals in der primären Membran, sondern sie geht von den Verdickungsschichten aus.

Schließlich erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Dr. H. Iltis, der sich bereitwilligst der großen Mühe unterzog, sämtliche Zeichnungen in formvollendeter Weise herzustellen, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Erklärung der Abbildungen.

Die Fig. 2 bis 8, 22 bis 28 sind mit Objektiv 7*a* Compens. Ocul. 4 Reichert, die Fig. 9, 10, 14 bis 16, 18 bis 21 mit homogener Immersion Apochromat 1·8 *mm* Compens. Ocul. 4 und die Fig. 11 bis 13 mit homogener Immers. 1·8 *mm* Compens. Ocul. 8 aufgenommen.

Die Fig. 1 bis 5, 8 bis 13, 15 bis 21 beziehen sich auf *Prunus domestica* Fig. 6 und 7 auf *Prunus Armeniaca*, Fig. 14 auf *Prunus Cerasus*.

pl. = Plasma, *n* = Zellkern, *h* = Hautschichte, *pr* = primäre Membran, *s* = sekundäre Membran, t_1, t_2 = tertiäre Membran, *g* = homogenes Gummi, *k* = körnig gefälltes Gummi, *gp* = Gummizellen, *gk* = Gummikappen, *i* = Interzellularraum, *c* = Kambium, *m* = Markstrahl, *y* = Xylem, *hp* = Hornprosenchym.

Wo nicht besonders bemerkt ist, liegen die Präparate im Wasser.

Fig. 1. Photographie nach der Natur (aufgenommen von Herrn stud. ing. O. Stern), natürliche Größe, Aststumpf von *Prunus domestica* mit farblosen Gummiabscheidungen an der Schnittfläche.

Fig. 2. Querschnitt durch eine kambiale Gummiparenchymgruppe. Parenchymzellen mit feinkörnigem Plasma, Zellkern und Stärkekörnchen.

Fig. 3. Querschnitt durch kambiale Gummiparenchymgruppe mit schizogenen Interzellularen.

Fig. 4. Längsschnitt durch kambiale Gummiparenchymgruppe mit schizogenem Interzellulargang.

Fig. 5. Querschnitt durch kambialen Gummiraum; die den schizogenen Raum begrenzenden Parenchymzellen mit stark entwickelten Gummikappen.

Fig 6. Querschnitt durch kambialen Gummiraum von *Prunus Armeniaca*; die Gummimasse *g* erfüllt den Raum als scheinbare Interzellularsubstanz.

Fig. 7. Derselbe Schnitt nach Behandlung mit konz. Alkohol.

Fig. 8. Querschnitt durch einen kambialen Gummiraum in lysigener Erweiterung; in verdünntem Alkohol liegend. Der Raum ist zum Teil mit homogenem Gummi erfüllt, die Innenpartie *i* leer. Einzelne Gummizellen *gz* ganz in Gummi umgewandelt, einzelne mit sichelförmig gestalteten Protoplasmakörpern.

Fig. 9. Gummizellen mit beginnender Gummibildung; im plasmat. Wandbeleg Stärkekörnchen, an deren Stelle sich später kleine Vakuolen *vc* vorfinden. Das Plasma wird schaumig, 3 Zellen mit schwachen Gummikappen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 10. Partie aus einem längs durchschnittenen Gummiraum. Die den Raum begrenzenden Zellen mit lokalen, aus Gummi bestehenden Verdickungen *v* an der Außenseite.

Fig. 11. 2 Zellen aus demselben Schnitt bei starker Vergrößerung, *v* lokale Verdickungsmassen.

Fig. 12, 13. Gummiparenchymzellen aus einem quer durchschnittenen kambialen Gummiraum. Fig. 12 in Wasser liegend, *gl* ausgeschiedenes lösliches Gummi, *gq* in Wasser gequollenes Gummi der primären Membran innen anliegend. Fig. 13 dieselbe Zelle in Alkohol liegend; das lösliche Gummi körnig gefällt, die Körnchen an der Peripherie bei *d* dichter aneinandergelagert.

Fig. 14. An der Xylemseite liegende Gummizellen eines kambialen Gummiraumes von *Prunus Cerasus* (gummikranker Stamm), Gummikappen stark entwickelt, Protoplasma nicht mehr vorhanden, primäre Membran überall sichtbar.

Fig. 15 bis 18. Gummizellen aus einem kambialen Gummiraum. Fig. 15, 16 im Längsschnitte, 17, 18 im Querschnitte. Wiederholte Membran = u. Gummibildung an der dem Interzellularraum anliegenden Wandfläche. Fig. 15, 16, 18 aus einem dreijährigen Zweig, Fig. 17 aus einem achtjährigen gummikranken Stamme. Fig. 16 in Alkohol liegend, die Gummimasse g_2 deutlich körnig gefällt, g_1 hingegen homogen bleibend. Zellkerne überall der den Gummiraum begrenzenden Fläche anliegend. Fig. 17, 2 Zellen *a* und *b* in verschiedenen Stadien der Gummiabscheidung, in *b* führt die Gummimasse g_2 vakuolenartige Hohlräume *hr*.

Fig. 19. Gummizellen aus einem quer durchschnittenen kambialen Gummiraum mit stark entwickelten Gummikappen, in denen stellenweise isolierte Plasmareste sichtbar sind.

Fig. 20. Abnorm gestaltete Gummiparenchymzelle.

Fig. 21. Isolierte Gummiparenchym-Zellgruppe aus einem längs durchschnittenen kambialen Gummiraum. Die Gummiparenchymzellen in Holzparenchymzellen umgewandelt, deren verholzte sekundäre Membranen zum Teil gummifiziert sind; bei *l* primäre Membran gelöst.

Fig. 22, 23. Querschnitte aus einem gummibildenden Rindengewebe. In Fig 22 ein Bastbündel *b*, von einem Korkmantel *p* umgeben, in Figur 23 die Membranen der gummibildenden Markstrahlparenchymzellen verkorkt.

Fig. 24. Querschnitt durch einen radial gestreckten Rindengummiraum; von dem Markstrahl *m* aus hat sich ein dünnwandiges parenchymatisches Gewebe *gp* gebildet, das den ganzen Raum erfüllt.

Fig. 25. Partie aus einem quer durchschnittenen Rindengewebe mit zwei angelegten Gummiräumen, in Alkohol liegend; der rechts liegende mit körniger Fällung in den Zellen. Im links liegenden Raume begrenzen die Zellen *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* einen Interzellularraum, der, in Wasser

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gelegen, von einer homogenen farblosen Gummimasse erfüllt war; in Alkohol tritt in dieser Gummimasse Kontraktion ein; erstere erscheint deutlich geschichtet. Hornprosenchym überall unverändert.

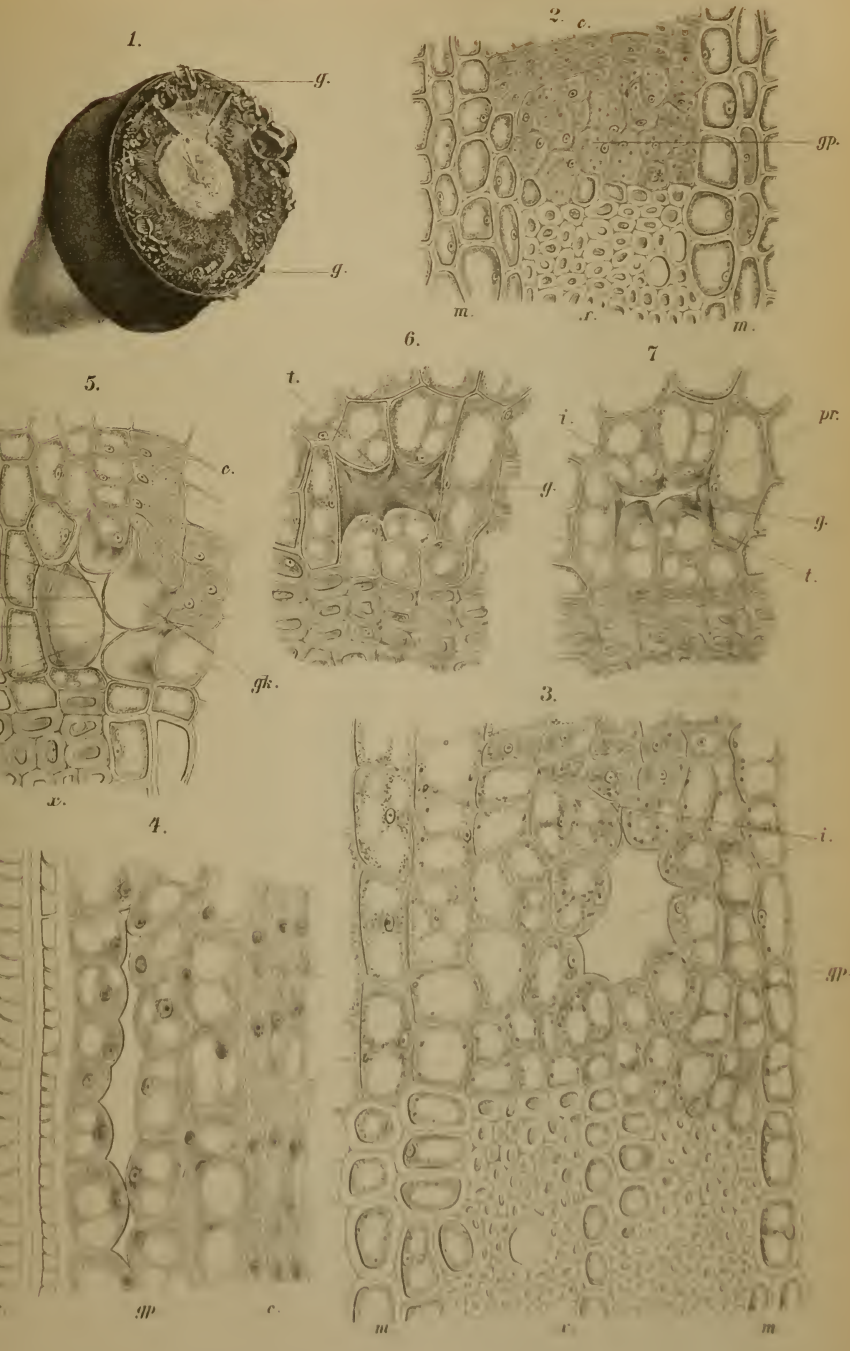
Fig. 26. Quer durchschnittene Rindenpartie in Alkohol; die primären Membranen der Gummiparenchymzellen noch sichtbar, darunter liegt eine kontrahierte geschichtete Gummimasse, im Innern der Zellen grobkörnige Fällung.

Fig. 27. Querschnitt durch einen Rindengummiraum, in Alkohol liegend; die innere Gummimasse *k* körnig gefällt, die periphere *g* homogen und bildet an der Markstrahlseite einen bandartigen Beleg. Die rechts liegenden Phloëmparenchymzellen tragen an der dem Raume zugewendeten Seite deutliche Gummikappen.

Fig. 28. Rindengummiraum in Verbindung mit einem kambialen Gummiraum aus der in weit vorgeschrittener Gummosis begriffenen Rinde eines vierjährigen Astes, in Alkohol liegend. Die zentrale Gummimasse körnig gefällt, die periphere, stellenweise noch Zellstruktur zeigend, homogen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

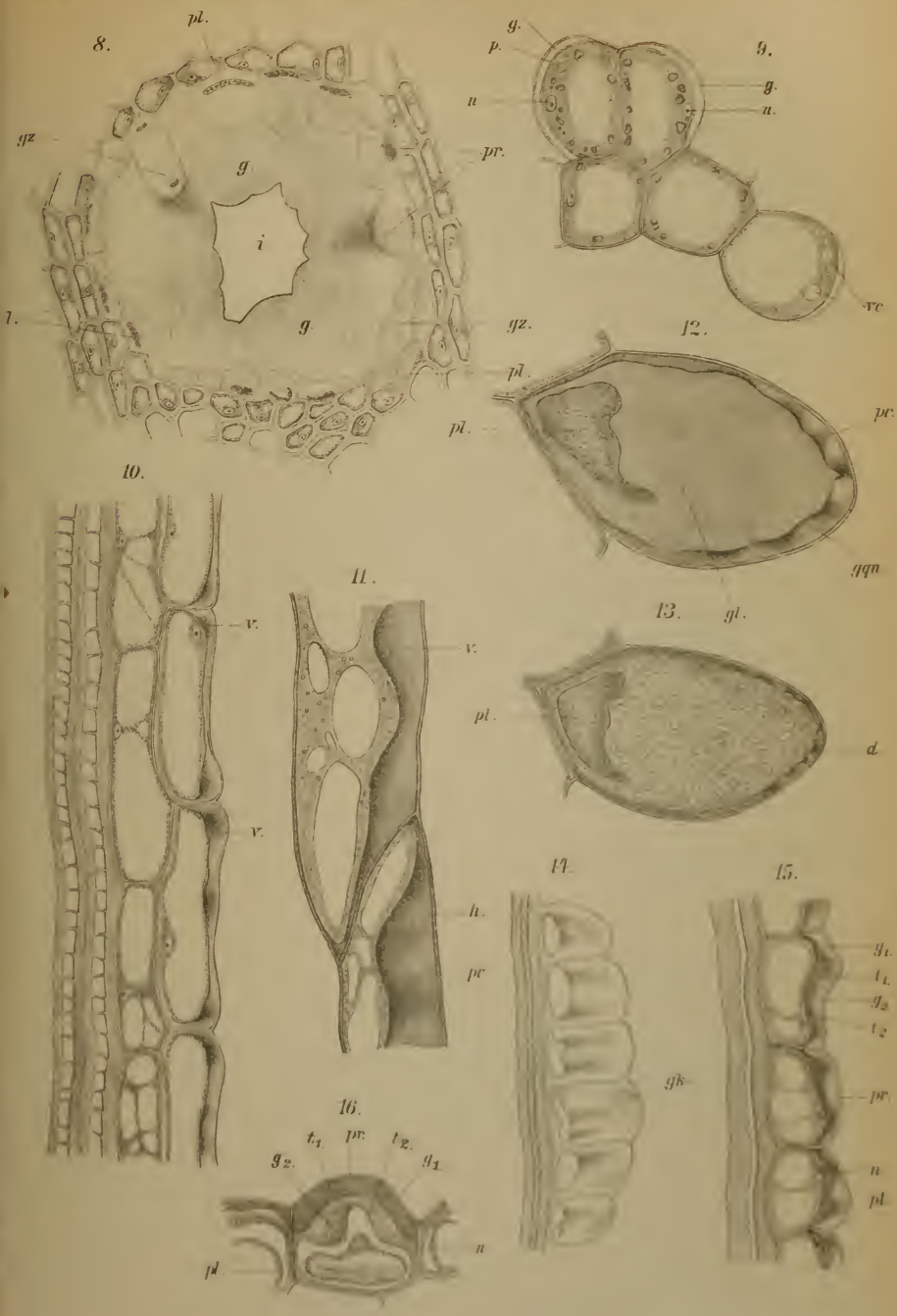
Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Illis del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth Wien

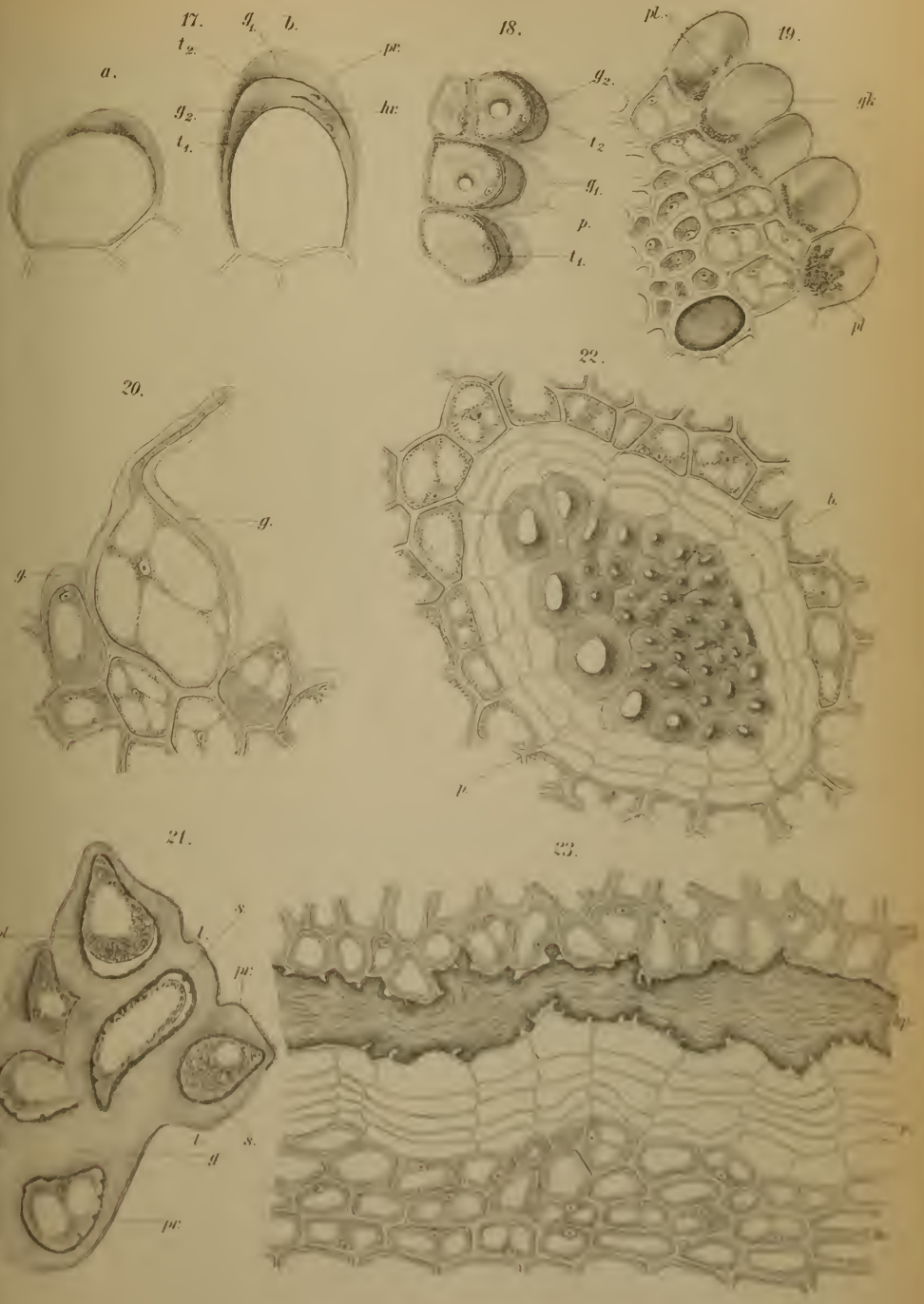
Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

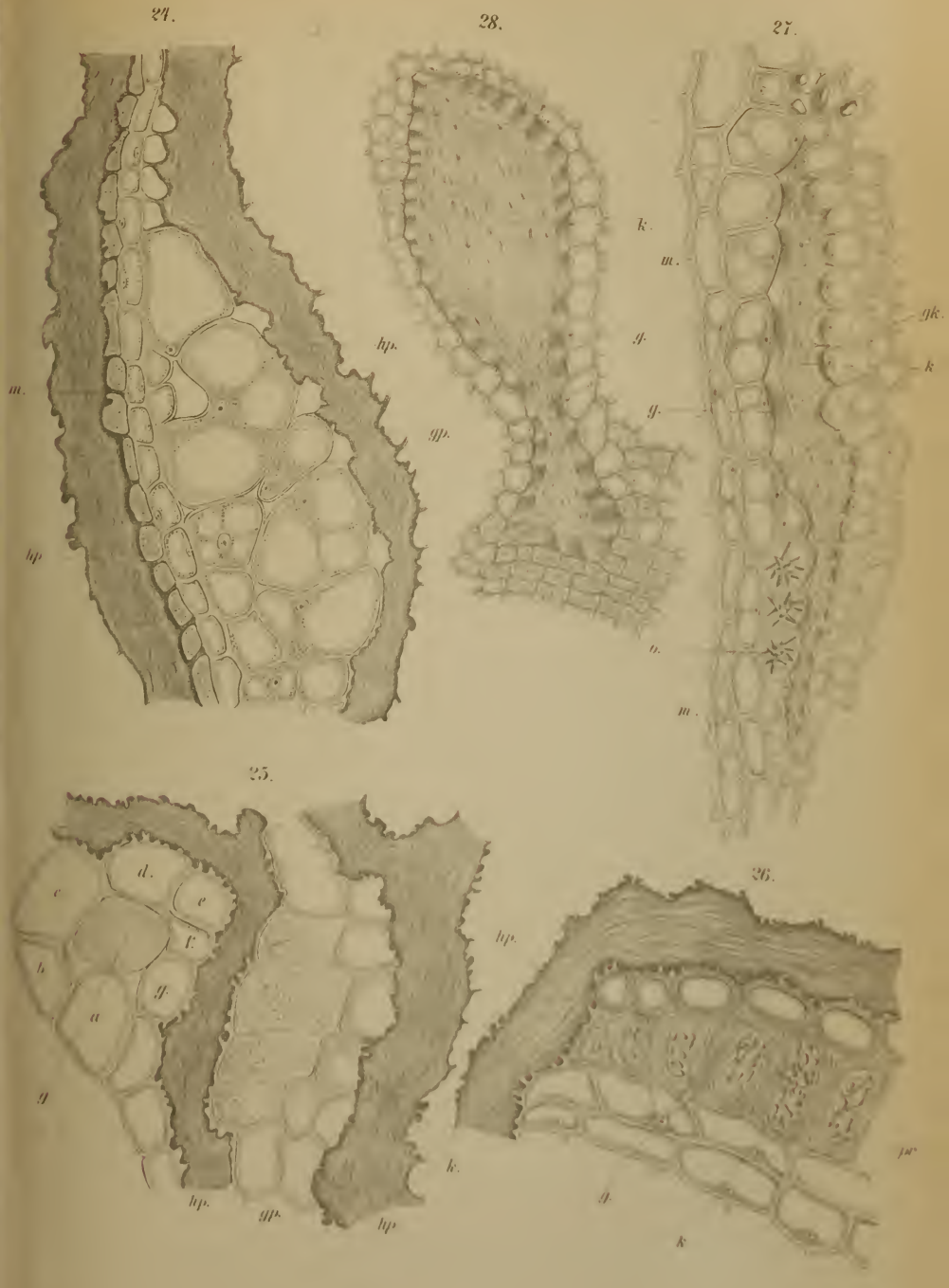
Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at